

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Kiinteistöjen sähköenergian kulutusjakauman analysointilaitteisto

Tomi Saapunki

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelman opinnäytetyö
Insinööri (ylempi AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Työnantajalle haluan lausua kiitokset hyvästä opinnäytetyön aiheesta ja koulutusmyönteisyydestä. Olen kiitollinen myös Wirepas Oy:n hyvästä kehitysyhteistyöstä pilottilaitteistoon liittyen. Kiitoksen ansaitsee myös työn ohjaaja asiantuntevista neuvoista ja motivoinnista. Kotiväkeäni haluan kiittää saamastani kannustuksesta ja työrauhasta.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Teknologiaosaamisen johtaminen
Opinnäytetyön tekijä	Tomi Saapunki
Opinnäytetyön nimi	Kiinteistöjen sähköenergian kulutusjakauman analysointilaitteisto
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	4.11.2012
sivumäärä	50
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Jaakko Etto
Yritys	Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappia
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Juha Kallo

Kiinteistöjen sähkönkäyttö muodostaa merkittävän osan Suomessa kulutettavasta sähköstä. Samoin sähkönsäästöpotentiaali on kiinteistöissä merkittävä. Sähkönsäästötoimia kiinteistöissä vaikeuttaa usein se, että on hankalaa arvioida, mihin sähkö kiinteistöissä käytetään ja missä ovat suurimmat säästöpotentiaalit.

Tämän työn tavoitteena oli toteuttaa sähkönkäytön jakauman analysointilaitteisto, jolla kiinteistön kulutusjakauma ja potentiaalisimmat sähkönsäästökohteet saadaan selvitettyä nousukeskuskohtaisesti. Tärkeää on, että järjestelmä kykenee selvittämään sekä päivä- että yöaikaisen kulutusjakauman. Laitteiston tulee olla helposti asennettava ja siirrettävä. Lisäksi laitteiston tuottaman jakaumaraportin tulee olla havainnollinen ja selkeä.

Analysointilaitteistona käytettiin Wirepas Oy:n langatonta mittausjärjestelmää. Kulutusjakauma selvitettiin virtamuuntajilla tehtävien mittausten perusteella. Tiedonsiirrossa käytettiin langattomia mittausyksiköitä, jotka välittävät mittautiedot analysoitavaksi lähiverkon kautta järjestelmän palvelimelle. Käyttöliittymään kehitettiin tarvittavat ominaisuudet kulutusjakauman selvittämiseksi ja esittämiseksi.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja kulutusjakauman analysointilaitteisto saatiin toteutettua. Kehitetty analysointilaitteisto sopii hyvin siirrettävyytensä ansiosta käytettäväksi erilaisiin kiinteistöjen energiaselvityksiin. Varsinkin kiinteistön yöaikaiset sähköä käyttävät kohteet löytyivät helposti. Järjestelmän toimittajan mukaan kehitetty järjestelmä on herättänyt kiinnostusta energiaselvityksiä tekevissä tahoissa.

Pilottikohteessa havaittiin analysointilaitteistoa käyttämällä merkittävä virhe verkonhaltijan sähkönmittauksessa. Takautuva kokonaishyvitys virheellisestä laskutuksesta oli arvonnlisäverottomana lähes 350 000 euroa.

Asiasanat: sähkönsäästö, kulutusjakauma, langattomuus

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Technology Competence Management
Name	Tomi Saapunki
Title	Analyzing System for Distribution of Electricity Consumption in Buildings
Type of Study	Master's Thesis
Date	4 November 2012
Pages	50
Instructor	Jaakko Etto, MSc, El Eng
Company	Kemi-Tornionlaakso Municipal Education and Training Consortium Lappia
Contact Person/Supervisor from Company	Juha Kallo

The major part of electricity consumption in Finland is consumed in buildings. The potential to save energy is significant in buildings. The difficulty in saving is to know where the electricity in buildings is used for and where the biggest saving potential is.

The objective of this study was to create equipment for analyzing the electricity distribution and to find out the most potential saving targets. The system must be able to find out the consumption profiles of both day and night time. It must also be portable and easy to install. In addition, the distribution report must be clear and easy to interpret.

The equipment that was used in analyzing was a wireless measurement system by Wirepas Ltd. The distribution of the consumption was defined by measurements with the current transformer. Wireless measurement devices were used in data transmission. Measured data was sent to the server via local area network to be analyzed by these devices. The user interface with the necessary properties was developed to define and report the consumption distribution.

The objectives of this study were achieved and the analyzing equipment for measuring the consumption distribution was created. The portable equipment that was developed is very useful in different kinds of energy reports concerning buildings. It was especially easy to locate the targets that use electricity during night-time. The system has aroused interest in companies which operate with energy reports.

The significant fault in energy measuring was discovered by using the analyzing equipment in the test target. The grid operator was therefore obliged to pay back 350,000€ tax free due to the incorrect invoicing.

Keywords: energy saving, consumption distribution, wireless.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
1.1. Taustaorganisaatio	1
1.2. Aihevalinta	1
1.3. Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset	2
1.4. Pilottikohteen valinta	2
1.5. Opinnäytetyön toteuttaminen	3
2. KIINTEISTÖJEN SÄHKÖENERGIANKÄYTTÖ	4
2.1. Yleistietoa kiinteistöjen sähkönkäytön jakaumasta	4
2.2. Pilottikohteen sähköä kuluttavat järjestelmät	5
2.2.1. Sähkönjakelujärjestelmä	5
2.2.2. Valaistus	6
2.2.3. Ilmanvaihto	6
2.2.4. Lämmitys	7
2.2.5. Jäähdytys	7
2.2.6. Keittiölaitteet	7
2.2.7. Muut käyttäjälaitteet	8
3. SÄHKÖNKULUTUSSEURANNAN NYKYTILA KIINTEISTÖISSÄ	9
3.1. Määräykset ja ohjeet verkonhaltijan mittauksista	9
3.1.1. Sähkömarkkinalaki	9
3.1.2. Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittaamisesta	9
3.2. Alamittausten käyttäminen	11
3.3. Kolmansien osapuolten kulutusseurantapalveluita	11
3.3.1. Energiakolmio Oy	11
3.3.2. Mitox Oy	14
4. KULUTUSJAKAUMAN ANALYSOINTILAITTEISTO	16
4.1. Järjestelmän historia	16
4.2. Wirepas Oy	16
4.3. Järjestelmän rakenne ja toiminta	16
4.3.1. Palvelin	17
4.3.2. Käyttöliittymä	18
4.3.3. Mittaus- ja tiedonsiirtoyksiköt	21
5. JÄRJESTELMÄN PILOTOINTI	23
5.1. Pilotoinnin rajaukset	23
5.2. Yleiset mittausperiaatteet	23
5.3. Virtakelojen valinta	24
5.4. Käyttöliittymä- ja raportointimäärittelyt	26
5.5. Asennus	26
5.6. Käyttöönotto	27
5.7. Käyttöliittymän kehittäminen	28
6. MITTAUSTULOSEN ANALYSOINTI	30

6.1.	Pilottikohteen kulutusjakauma	30
6.1.1.	Nousukeskus JK-B2.2	31
6.1.2.	Nousukeskus JK-B3.1	33
6.1.3.	Nousukeskus JK-B1.4	33
6.2.	Päiväajan jakauma	34
6.2.1.	Nousukeskus JK-B3.2	35
6.3.	Yöajan jakauma	36
6.3.1.	Nousukeskus JK-B1.3	38
6.4.	Vertailumittaukset tulosten tarkastamiseksi	39
6.4.1.	Wirepas-järjestelmän mittaustapa	39
6.4.2.	Sähköliittymän mittaustapa	39
6.4.3.	Wirepas-mittaustulosten vertaaminen laskutusmittauksiin	39
6.4.4.	Vertailumittaus	40
6.4.5.	Mittaustulosten vertaaminen laskutustietoihin	44
7.	YHTEENVETO	47
8.	LÄHDELUETTELO	49

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

TUTWSN	Tampere university of technology wireless sensor network
node	langattoman mittausverkon solmupiste
UPS	Uninterruptible Power Supply

1. JOHDANTO

1.1. Taustaorganisaatio

Tämä työ tehdään Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappian kiinteistöpalveluiden tilauksesta. Kiinteistöpalvelut huolehtivat kuntayhtymän kiinteistöjen kunnossapidosta, korjaamisesta sekä rakennuttamisesta. Kuntayhtymän kiinteistöissä toimivat Ammattiopisto Lappia ja Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Kuntayhtymällä on omia kiinteistöjä toimialueellaan Muoniossa, Torniossa, Keminmaassa, Kemissä ja Tervolassa. Vuokrakiinteistöissä toimitaan Kolarissa, Pellossa ja Simossa.

Opinnäytetyön tekijän tehtävänimike koulutuskuntayhtymä Lappian kiinteistöpalveluissa on talotekniikkainsinööri. Talotekniikkainsinöörin tehtäviin kuuluu kiinteistöjen talotekniikasta huolehtiminen. Tämä sisältää erilaisia käyttöön, kunnossapitoon ja rakennuttamiseen liittyviä tehtäviä. Talotekniikka on laaja käsite. Tässä tapauksessa siihen kuuluvat kiinteistöjen lämmitys-, ilmanvaihto ja sähköjärjestelmät. Näiden lisäksi siihen kuuluvat myös kiinteistön tietojärjestelmät, joita ovat rakennusautomaatio, kulunvalvonta, rikosilmoitinjärjestelmät sekä videovalvonta. Talotekniikkainsinöörin vastuulla on myös energiansäästö, kulutusseuranta sekä niistä raportointi.

1.2. Aihevalinta

Tämän työn aihe liittyy kiinteistöjen sähkönkäytön tehostamiseen. Jotta kiinteistöjen sähkönkäyttöä voidaan tehostaa, on ensin tiedettävä, mihin kiinteistössä kuluva sähkö käytetään. Nykyiset menetelmät kulutuksen kohdentumisen selvittämiseen perustuvat lähinnä arvioihin, oletuksiin ja aiempiin tietoihin, harvemmin mitattuun tietoon. Niinpä on olemassa selkeä tarve luotettavalle, helposti käytettävälle ja siirrettävälle sähkönkulutusjakauman analysointilaitteistolle. Tästä tulee opinnäytetyön aihe: ”Kiinteistöjen sähköenergian kulutusjakauman analysointilaitteisto”.

1.3. Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset

Työn tavoitteena on toteuttaa kohteesta toiseen helposti siirrettävä järjestelmä, jolla selvitetään kiinteistön sähköpääkeskuksen lähdöistä kulutusjakauma. Kulutusjakauma selvitetään mittaamalla pääkeskuksen jokaisen lähdön virrat vaihekohtaisesti. Tämä tehdään virtamuuntajilla jokaisesta lähdöstä yhtä aikaa. Virtamuuntajien tulee olla halkaistavat ja niiden tulee toimia ilman erillistä jännitesyöttöä. Virtamuuntajilta tieto viedään langattomasti mittaustiedon eteenpäin lähettävälle tiedonsiirtoyksikölle, nodelle. Langattomuutta edellytetään, jotta järjestelmän toimintakuntoon laittaminen olisi mahdollisimman helppoa, nopeaa ja edullista.

Tiedonkeruu- ja analysointilaitteistona käytetään kuntayhtymän kiinteistöpalveluiden aiemmin hankkimaa ja Tampereen teknillisen yliopiston kehittämää TUTWSN-järjestelmää. Tiedon tulee tallentua määriteltävissä olevin väliajoin palvelimelle, jossa sitä säilytetään myöhempää analysointia varten. Vaihevirroista tulee voida laskea esimerkiksi näennäisteho. Analysoinnin tulee olla helppoa, jopa automaattista. Tuloksen tulee olla helposti tallennettavissa esimerkiksi Exeliin tai pdf:ksi. Mittausjärjestelmän laitteisto- ja ohjelmakehityksestä vastaa järjestelmän nykyinen toimittaja Wirepas Oy.

1.4. Pilottikohteen valinta

Työn pilottikohteeksi on valittu Kemissä osoitteessa Tietokatu 2 sijaitseva kiinteistö. Kiinteistössä toimii Ammattipoisto Lappian tekniikan-, kulttuuri- ja palvelualan yksikkö. Pilottikohde on esitelty kuvassa 1. Kohde on valittu siksi, että sen sähkönkäyttö kiinteistön tilavuuteen suhteutettuna on selkeästi suurempi kuin kuntayhtymän muissa vastaavanlaisissa kiinteistöissä. Käyttäjiä on tiedotettu korkeasta sähkön ominaiskulutuksesta. Keinoja kulutuksen vähentämiseksi on yritetty yhdessä löytää. Kiinteistöön on myös teetetty energiakatselmus ongelman ratkaisemiseksi. Mitään merkittävää parannusta asiaan ei ole kuitenkaan saavutettu.



Kuva 1. Pilottikohde Tietokatu 2 Kemissä

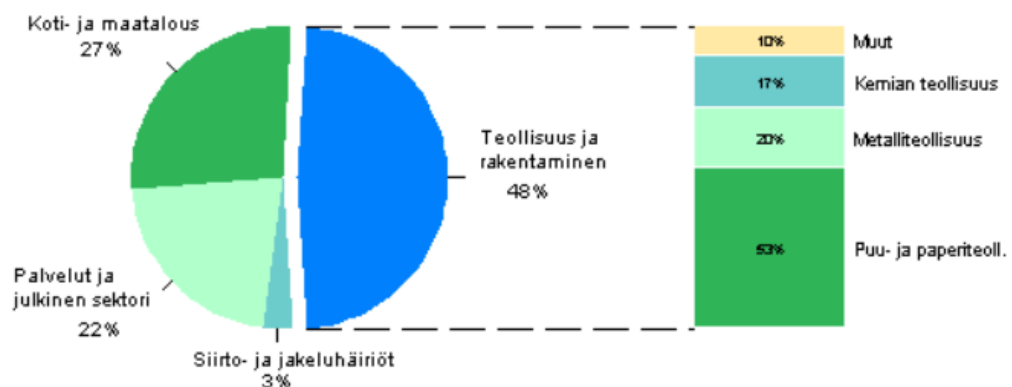
1.5. Opinnäytetyön toteuttaminen

Työ toteutetaan siten, että ensiksi valitaan sopivat virtamuuntajat järjestelmän toimittajan kanssa. Tämän jälkeen tehdään mittausjärjestelmän asennus ja varmennetaan mittaustiedonkeruun toimivuus. Seuraavaksi kehitetään yhteistyössä järjestelmätoimittajan kanssa käyttöliittymää siten, että se palvelee mahdollisimman hyvin kulutusjakauman selvittämistä sekä jakauman selkeää raportointia. Järjestelmän mittaustiedot varmennetaan käyttämällä toista mittausjärjestelmää.

2. KIINTEISTÖJEN SÄHKÖENERGIANKÄYTTÖ

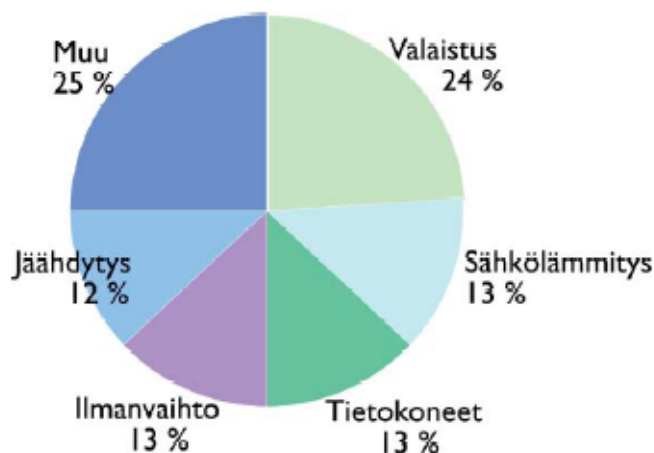
2.1. Yleistietoa kiinteistöjen sähkönkäytön jakaumasta

Vuoden 2011 sähkönkäytön Suomen valtakunnallinen kulutusjakauma on esitetty kuvassa 2. Sen mukaan palvelut ja julkinen sektori käyttävät 22 % sähkön kokonaiskulutuksesta. Lukemat perustuvat Energiateollisuus ry:n ennakkotietoihin vuodelta 2011. /11/



Kuva 2. Kaaviokuva sähkönkulutuksesta sektoreittain 2011 /11/

Tyypillisessä toimistokiinteistössä sähkönkäyttö jakaantuu seuraaviin järjestelmiin: valaistus, sähkölämmitys, tietokoneet, ilmanvaihto, jäähdytys. Ryhmään muu voivat kuulua esimerkiksi keittiölaitteet ja pistorasioihin kytketyt laitteet. Kulutusjakaumaesimerkki on esitetty kuvassa 3. /9/

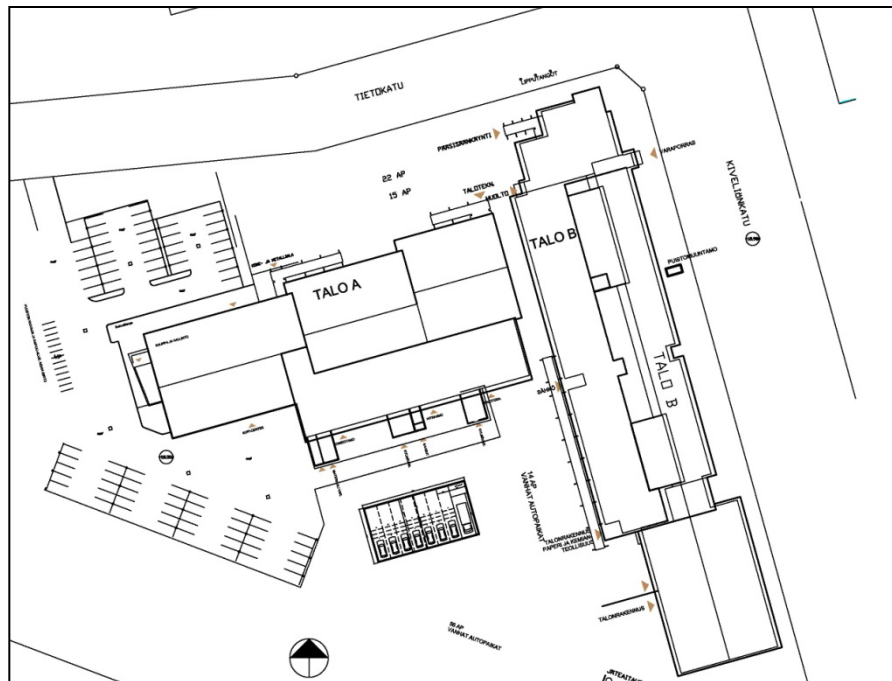


Kuva 3. Kaaviokuva toimistojen sähkönkäytön esimerkkijakaumasta /9/

2.2. Pilottikohteen sähköä kuluttavat järjestelmät

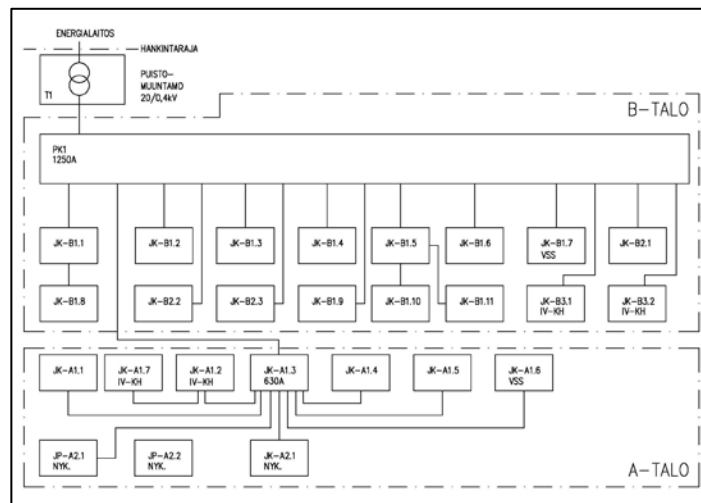
2.2.1. Sähkönjakelujärjestelmä

Kiinteistö koostuu kahdesta rakennuksesta, A- ja B-rakennuksesta. Kiinteistön tontilla B-rakennuksen ulkopuolella sijaitsee 20/0,4 kV puistomuuntamo, josta pienjännitteinen sähkö syötetään B-rakennuksessa sijaitsevaan sähköpääkeskukseen PK1. A-rakennusta syötetään sähköpääkeskuksesta. A-rakennuksessa sähkö jaetaan keskuksen JK-A1.3 kautta. Energiamittari sijaitsee puistomuuntamon pienjännitekeskuksessa. Liittymän sähköenergia mitataan suurjännitepuolelta jännite- ja virtamuuntajien avulla. Alla kuvassa 4 on asemakaavakuva kiinteistöstä Tietokatu 2.



Kuva 4. Asemakaavakuva Tietokatu 2

Sähköpääkeskuksesta sähkö syötetään nousukeskuksiin kuvan 5 kaavion mukaisesti. Sähköpääkeskuksesta PK1 lähtee yhteensä 14 nousukeskuslähtöä. Nousukeskuslähdöissä ei ole jälkimittauksia energiankulutukselle. Sähköpääkeskuksessa on myös ulkovalojen sähkönsyöttö. Lisäksi pääkeskuksesta syötetään sähkö seuraaville järjestelmille: keskuskello, turvavalaistus, rikosilmoitinjärjestelmä, kulunvalvontajärjestelmä ja antennijärjestelmä. Kiinteistössä ei ole myöskään loistehon kompensointikeskusta.

**Kuva 5. Nousujohtokaavio**

2.2.2. Valaistus

Kiinteistön sisävalaistus on toteutettu lähes yksinomaan loisteputkivalaistuksella. Valaisinluettelon mukaan valaisimia on yhteensä 1545 kappaletta. Sisätilojen valaistuksen yhteenlaskettu sähköteho on 111,3 kW. Sisävalaistusta ohjataan tiloissa olevilla painonapeilla. Sisävalaistuksen ohjauksessa ei ole läsnäoloautomaatiikkaa eikä aikaohjauksia. Valaistuksen päälle laittamisesta ja sammuttamisesta vastaa käyttäjä. Ulkovaloja ohjataan rakennusautomaation kautta ulkovaloisuuden mukaan. Valoisuusohjauksen lisäksi käytetään aikaohjausta, jolla osa ulkovaloista voidaan sammuttaa esimerkiksi keskellä yötä. Ulkovalaistuksen yhteenlaskettu sähköteho on 5 kW.

2.2.3. Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on toteutettu yhdellätoista ilmanvaihtokoneella. Ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistopuhaltimet ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä ja niiden pyörimisnopeutta ohjataan kanavapaineen perusteella. Ilmanvaihtokoneiden käyntiä ohjataan rakennusautomaation aikaohjelmilla. Ilmanvaihtokoneet on varustettu lämmöntalteenottolaitteilla. Lisäksi kiinteistössä on yhteensä 12 erillispoistoa. 57 tilaa on varustettu automaattisilla tulo- ja poistoilmamäärän säätölaitteilla. Ilmanvaihtokoneiden raitisilmasäleiköt on varustettu sähkölämmityksillä. Tällä pyritään pitämään säleiköt sulina talviaikaan. Säleikköjen sulatus ei ole käytössä, koska huurtumisongelmia ei ole. Ilmanvaihtokoneiden yhteenlaskettu sähköteho on 144 kW.

2.2.4. Lämmitys

2.2.4.1. Tilojen lämmitys

Tilojen lämmitys on toteutettu suurimmaksi osaksi vesikiertoisilla radiaattoripattereilla. Isommissa halleissa käytetään lämmitykseen pattereiden lisäksi kiertoilmapuhaltimia. Kiertoilmapuhaltimilla on toteutettu myös tuulikaappien lämmitys. Kiertoilmapuhaltimia on yhteensä 17 kappaletta. Lattialämmitystä on käytetty sosiaalitilojen lämmityksessä. Lämmitysverkoston vaihtimen maksimi lämmitysteho on 287 kW. Lämmitysjärjestelmän pumppujen yhteenlaskettu sähköteho on 0,85 kW.

2.2.4.2. Ilmanvaihdon lämmitys

Ilmanvaihto on varustettu tuloilmakoneissa olevilla vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Lämmityspattereissa kiertävän veden lämpötilaa säätämällä lämmitetään sisään puhallettava ilma haluttuun lämpötilaan. IV-verkoston pumppujen yhteenlaskettu sähköteho on 2,0 kW.

2.2.5. Jäähdytys

Tilojen jäähdytystä kiinteistössä palvelee vedenjäähdytyn JK1. Vedenjäähdyttimeen on liitetty 6 tuloilmakonetta. Vedenjäähdyttimen sähköteho on 111kW.

Vedenjäähdyttimen lisäksi tiloja jäähdytetään yhteensä kahdellatoista split-tyyppisellä jäähdytyskojeella. Näillä jäähdytetään serveri- ja ATK-tiloja. Split-jäähdytyskojeiden yhteenlaskettu sähköteho on 35,6 kW.

2.2.6. Keittiölaitteet

Kohteen keittiössä ei valmisteta lämpimiä aterioita vaan siellä valmistetaan kahvion käyttämät tuotteet kuten leivonnaiset ja sämpylät. Keittiössä on kuitenkin paljon erilaisia sähkölaitteita. Kypsennyslaitteina ovat kiertoilmauuni, pizzauuni sekä tasoliesi. Säilytykseen käytetään jää- ja pakastekaappeja, joita on yhteensä kolme kappaletta. Edellä mainittujen laitteiden lisäksi keittiössä on lämpölevy, kahvinkeitin ja astianpesukone. Keittiölaitteiden kokonaissähköteho on n. 27kW.

2.2.7. Muut käyttäjälaitteet

Muut käyttäjälaitteet koostuvat suurimmaksi osaksi opetukseen liittyvistä laitteista. Metallipuolen opetukseen liittyy monenlaisia sähkötehoiltaan merkittäviä laitteita. Tällaisia ovat esimerkiksi metallin työstökoneet ja hitsauslaitteet. Myös rakennuspuolelta löytyy paljon erilaisia sähkötoimisia laitteita.

Edellä mainittujen laitteiden lisäksi kohteessa on monenlaisia opetusalaan riippumattomia sähkölaitteita. Näitä ovat tietokoneet, palvelimet, tulostimet ja kopiokoneet.

3. SÄHKÖNKULUTUSSEURANNAN NYKYTILAKIINTEISTÖISSÄ

3.1. Määräykset ja ohjeet verkonhaltijan mittauksista

3.1.1. Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalain 3 luvussa pykälässä 10 määrätään, että verkonhaltijan on järjestettävä toimittamansa sähköenergian mittaus asianmukaisella tavalla valtioneuvoston tarkentavien asetusten säätämänä. Lisäksi mainitaan, että asiakas maksaa kohtuulliset mittauskustannukset. /10/

3.1.2. Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittaamisesta

Tämä keskeisin sähkönmittausta koskeva säädös on tullut voimaan keväällä 2009. Tässä asetuksessa määrätään, että verkonhaltijan tulee järjestää taseselvitys ja laskutuksen perustana oleva sähköntoimitusten mittaus. Tässä mainittu taseselvitys palvelee sähkönmyyjää siten, että sähkönhankinta on optimoitavissa vastaamaan mahdollisimman hyvin myynnin ja mahdollisen oman käytön määrää. /12, luku 4,1§/

Verkonhaltijan tulee järjestää myös mittaustietojen rekisteröinti ja ilmoittaminen sähkömarkkinoiden osapuolille. Sähköverkkoon liitetyt sähkönkäyttöpaikat tulee varustaa sähkönkulutuksen mittaavalla mittauslaitteistolla. Huomattavaa on myös se, että mikäli sähköliittymään kuuluu useita sähkönkäyttöpaikkoja, joihin sähkö myydään sähköverkon kautta, tulee kukin sähkönkäyttöpaikka varustaa sähkönmittauksella. Verkonhaltijan vastuulla on myös mittalaitteisiin liittyvät tiedonsiirtoyhteydet. /12, luku 6,1§/

Kuudennen luvun pykälässä neljä sanotaan, että sähkönkulutuksen mittauksen tulee perustua tuntimittaukseen ja mittauslaitteiston etäluentaan (*tuntimittausvelvoite*). Tällä tavoitellaan sitä, että jatkossa siirrytään lähes kokonaisuudessaan tunneittain tapahtuviin mittauksiin. Tavoitteesta saa poiketa enintään 20 prosentissa sähkönkäyttöpaikoista seuraavin edellytyksin: sähkönkäyttöpaikka on varustettu enintään 3 x 25 ampeerin

pääsulakkeilla tai käyttöpaikka on varustettu yli 3 x 25 ampeerin pääsulakkeilla ja sähkönkulutus on tällöin enintään 5 000 kilowattituntia vuodessa ja sähkö ostetaan sähkönkäyttöpaikkaan sähkömarkkinalain 21 §:ssä tarkoitetuilla ehdoilla. /12, luku 6,4§/

Asetuksen velvoittamana jakeluverkon haltijan tulee saattaa 80 % kaikista käyttöpaikoista tuntimittauksen piiriin vuoden 2013 loppuun mennessä. Lisäksi kaikki yli 3x63A käyttöpaikat tulee olla tuntimittauksien piirissä vuoden 2010 loppuun mennessä.

Kuudennen luvun viidennessä pykälässä annetaan toiminnalliset vaatimukset tuntimittauslaitteistolle ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevälle tietojärjestelmälle. Pykälän määrittämät vähimmäisvaatimukset ominaisuuksille ovat seuraavat:

- ”1) mittauslaitteiston rekisteröimä tieto tulee voida lukea laitteiston muistista viestintäverkon kautta (etäluentaominaisuus);*
- 2) mittauslaitteiston tulee rekisteröidä yli kolmen minuutin pituisen jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohta;*
- 3) mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjauskomentoja;*
- 4) mittaustieto sekä jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tulee tallentaa verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevään tietojärjestelmään, jossa tuntikohtainen mittaustieto tulee säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta;*
- 5) mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tietosuojan tulee olla asianmukaisesti varmistettu.”*

Lisäksi pykälässä mainitaan, että asiakkaan tulee voida saada erillisestä tilauksesta verkonhaltijalta reaaliaikaista sähkönkulutuksen seuranta varten tuntimittauslaitteisto, joka on varustettu standardoidulla liitännällä. /12, luku 6,5§/

Kuudennen luvun pykälä kahdeksan määrittää asiakkaan oikeuden hyödyntää omaa sähkönkulutustaan koskevaa tietoa. Pykälän mukaan verkonhaltijan on luovutettava asiakkaalle keräämänsä asiakasta koskeva sähkönkulutuksen mittaustieto. Tuntimittauslaitteiston keräämä tieto tulee saattaa asiakkaalle viimeistään samanaikaisesti kuin se on luovutettu tai valmistunut luovutettavaksi tämän sähköntoimittajalle. Tiedon luovuttamismuodosta todetaan, että sen tulee olla sähkönkäyttöpaikka- tai mittauskohtaisesti muodossa, joka vastaa toimialan ja verkonhaltijan yleisesti noudattamaa menettelytapaa.

Mikäli mittautustietoa luovutetaan ulkopuolisille tahoille, on tähän oltava asiakkaan suostumus. /12, luku 6,5§/

3.2. Alamittausten käyttäminen

Verkonhaltijan liittymäkohtaisten mittauksen lisäksi kiinteistöissä käytetään myös sähkönkäytön takamittauksia. Jotkut käyttävät näistä nimitystä alamittaukset. Nämä ovat kiinteistönomistajalle vapaaehtoisia, eikä niistä ole olemassa tällä hetkellä määräyksiä tai säädöksiä. Nykyään nämä takamittaukset ovat yleistymässä. Kulutus seurannan ja energiansäästön kannalta nämä ovat erittäin tarpeellisia. Vähintäänkin kiinteistön normaalitiloista poikkeavat kiinteistönosat on hyvä varustaa omilla kulutusmittauksilla. Hyvänä esimerkkinä ovat vaikkapa koulukiinteistöjen keittiöt tai raskaan teollisuuden opetusympäristöt. Mikäli erikoistilat mitataan erikseen, saadaan pääosa kiinteistöstä vertailukelpoiseksi vastaavanlaisten kiinteistöjen kanssa. Usein on myös järkevää mitata vaikkapa ilmastoinnin, jäähdytyksen, sähkö- ja saattolämmitysten, ulkovalaistuksen ja autonlämmitysten kuluttama sähköenergia. Näiden mittauksen avulla voidaan löytää muutoin vaikeasti havaittavia piilokuormia.

3.3. Kolmansien osapuolten kulutus seuranta palveluita

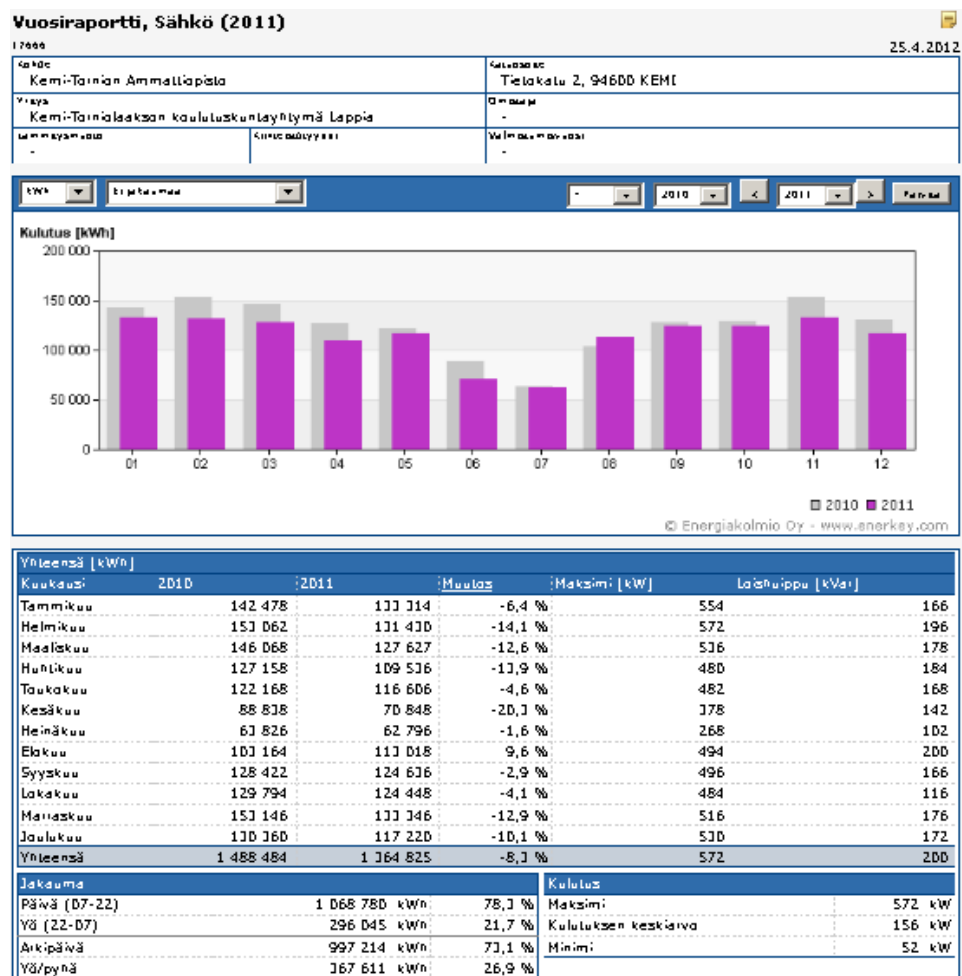
3.3.1. Energiakolmio Oy

Energiakolmio Oy:n tarjoama EnerControl-palvelu tarjoaa työkalun kulutus- ja kustannustietojen hallintaan. Lisäksi tarjotaan mahdollisuutta käyttää yrityksen asiantuntijapalveluita säästötoimenpiteiden toteuttamiseen. Palvelun avulla asiakas voi seurata ja analysoida sähkön, lämmitysenergian ja käyttöveden kulutuksia valittavalla aikajanelalla, esim. tunti- tai vuositason kuvaajasta on esitetty kuvassa 6. Mikäli palveluun on liitetty useita kiinteistöjä, voidaan niiden kulutustietoja vertailla keskenään. /1/

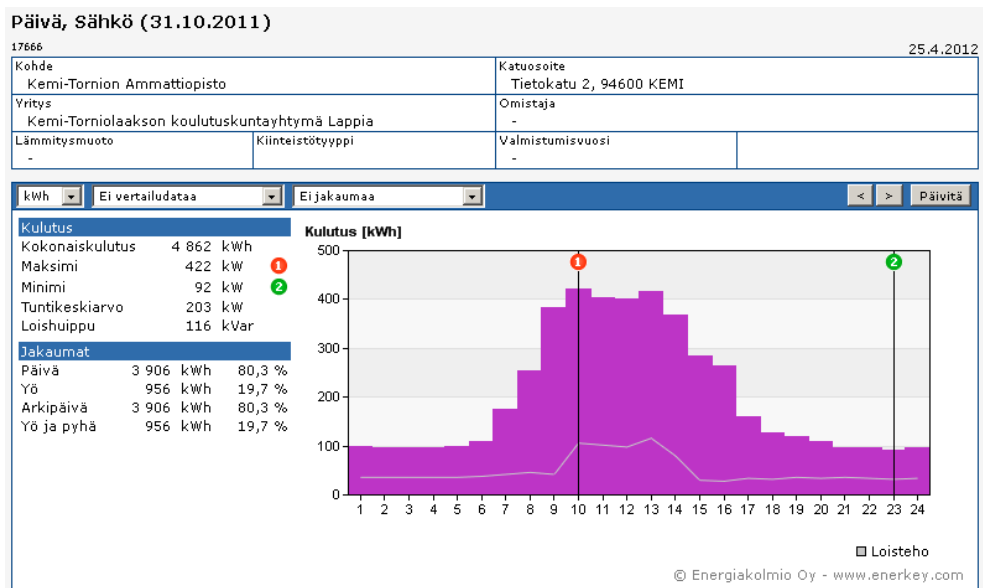
Energia raportointi-osiossa automaattisen kaukoluennan avulla voidaan seurata ajantasaisesti kiinteistökohtaista energiankäyttöä. Eri kulutuspaikkojen sähkön, kaukolämmön, veden, öljyn ja kaasun kulutustietoja voidaan seurata tuntitasolla.

Tarkka kulutusseuranta auttaa havaitsemaan muutokset kulutuksessa sekä kulutuksen ongelmakohdat. Seuranta- ja raportointijärjestelmä on verkkopohjainen ja toimii Internetin välityksellä. Tämä mahdollistaa kulutus- ja kustannustietojen käyttämisen paikasta ja ajasta riippumatta. Järjestelmän tiedot ovat linkitettävissä mahdollisiin muihin kiinteistön ylläpitojärjestelmiin. Automaattisen kulutusseurannan lisäksi järjestelmään voidaan tallentaa käsin ylläpidon kautta eri mittareiden lukemia tai kulutuksia. /4/

Tuntiprofiilit tarjoavat työkalun energiankäytön tehostamiseen ja sen ylläpitoon. Profiilien avulla voidaan varmistaa oikeat säädöt ja käyttötottumukset. Graafisen käyttöliittymän avulla voi selata tietoja ja tutkia tarkemmin vaikkapa tuntikulutustietoja päivätasolla. Malli tuntitason raportista on esitetty kuvassa 7. /2/

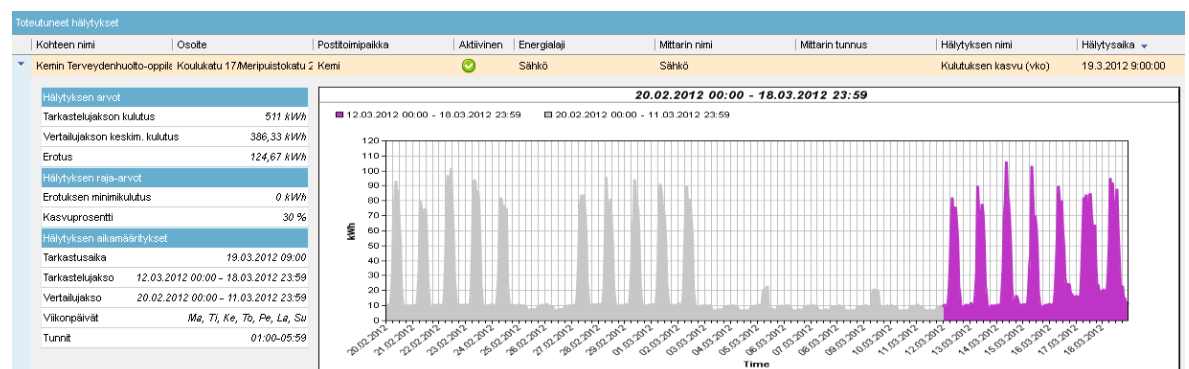


Kuva 6. EnerCotrol-vuosikulutusraportti



Kuva 7. EnerControl-vuorokausiraportti

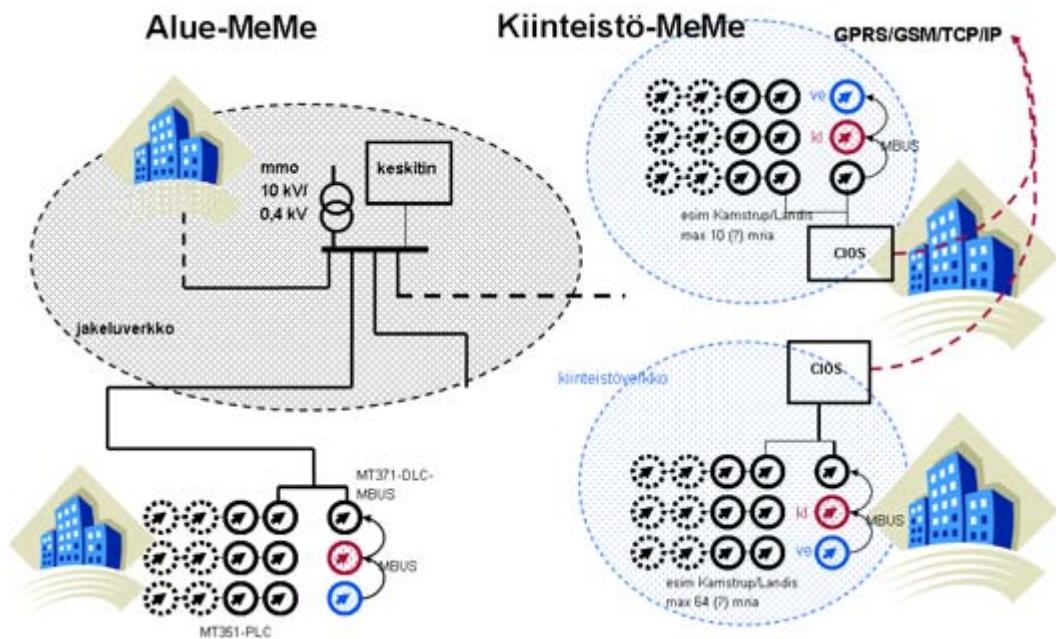
Hälytyspalvelu-osiolla mahdollistetaan ja varmistetaan kulutuspoikkeamien automaattinen ja nopea havaitseminen. Järjestelmä lähettää kulutuspoikkeamista hälytysviestin joko sähköpostiin tai tekstiviestinä matkapuhelimeen. Palveluun sisältyvän web-käyttöliittymän avulla voi seurata hälytysten toimintaa, muuttaa niiden asetuksia tai asettaa uusia hälytyksiä. Järjestelmän hälytyksistä muodostuu tapahtumaloki, josta hälytykset voidaan kuitata. Hälytysraportti on esitetty kuvassa 8. Samalla voidaan kirjata ylös hälytyksen syy korjaustoimenpiteet./3/



Kuva 8. EnerControl-raportti

3.3.2. Mitox Oy

Mitox Oy:n MeMe eli MultienergyMetering -palvelukonsepti on etäluentajärjestelmä, jolla voidaan siirtää eri energiamuotojen ja veden mittaustiedot yhdellä laitteistolla ja tiedonsiirtokanavalla tallennettavaksi ja käsiteltäväksi. MeMe on tekninen konsepti, jolla yhdistetään Mitoxin energiamittausratkaisuita. Konseptilla tavoitellaan kustannustehokkuutta mittausjärjestelmiin. Idea on, että yhdellä avoimella mittausjärjestelmällä voidaan hallita kaikki energiamuodot. Samoin kaikki mittaustiedot siirretään yhdellä laitteistolla ja tiedonsiirtokanavalla. Valittavana on erilaisia keskitin- ja tiedonsiirtotekniikoita. Kuvassa 9 on esitetty järjestelmän keskitin- ja tiedonsiirtoratkaisut. MeMe:stä on olemassa omat ratkaisut energiayrityksille ja kiinteistöalalle. /8/



Kuva 9. MeMe-palvelukonseptin keskitin- ja tiedonsiirtotekniikat /8/

MELT-palvelut ovat Mitox Oy:n sovelluskokonaisuus, joka sisältää työkalut etäluennan tarvitsemiin mittalaite- ja mittaustiedon hallintaan, projektinseurantaan sekä palveluraportointiin. Perustana MELT-palveluille toimii alun perin Mitoxi Oy:n omaan käyttöön kehitetty tuotannonohjaussovellus. Sovelluksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat mittauksen tehtävien hallinta, lukemien selailu ja tulostus, sähkömittarien etäkytkentä ja katkaisu. Muita ominaisuuksia ovat ad hoc -luenta sekä sovittuihin palveluihin liittyvät lukemien saatavuus- ja oikeellisuustiedot sekä sopimuksettomien käyttöpaikkojen

kulutuksesta kertovat raportit. Melt-selailukäyttöliittymällä selaillaan päivittäiset lukematiedot ja luentojen onnistumisesta kertovat raportit. Käyttöliittymällä on myös mahdollista tulostaa halutut tiedot joko paperille tai pdf-tiedostoksi. /7/

4. KULUTUSJAKAUMAN ANALYSOINTILAITTEISTO

4.1. Järjestelmän historia

Wirepas Oy:n langattoman sensoriverkon käyttämä teknologia on kehitetty alun perin Tampereen teknillisessä yliopistossa. Siellä järjestelmän kehittäminen on aloitettu vuonna 1999. Teknologiaohjan kehittäminen on saatu valmiiksi 2005. Tämän jälkeen on tehty erilaisia koeasennuksia vuoteen 2008 asti. Järjestelmän kaupalliset pilotit on aloitettu vuonna 2009 ja piloteissa on ollut käytössä noin 2500 nodea. Järjestelmän kehitykseen on käytetty noin 80 henkilötyövuotta. Kehittämisen aikana järjestelmään on tehty useita opinnäyte- ja päättötöitä sekä väitöskirjoja. Järjestelmä on patentoitu kansainvälisesti. /13/

4.2. Wirepas Oy

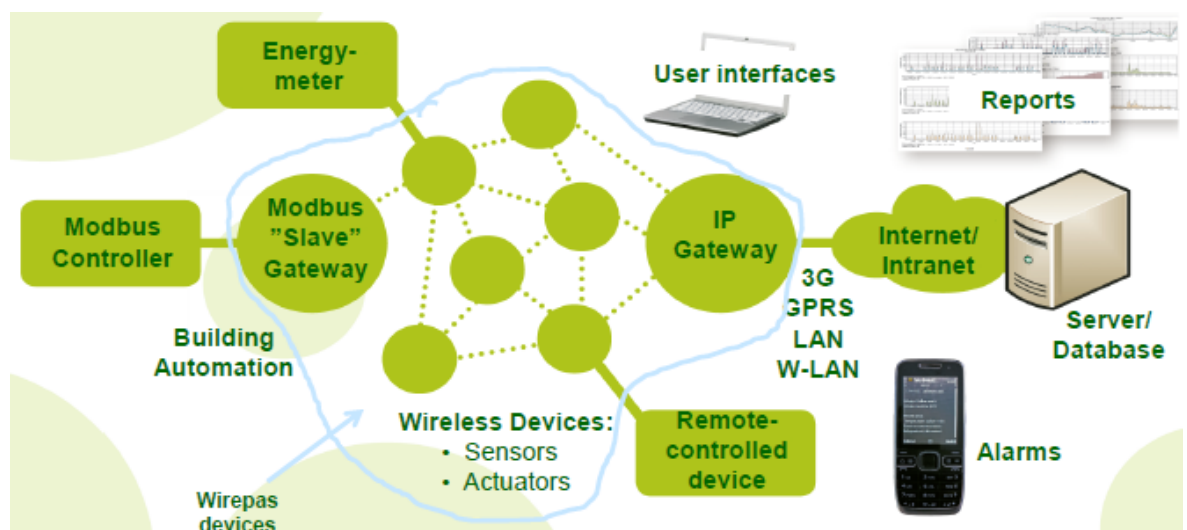
Wirepas Oy on perustettu toukokuussa 2010. Yrityksen toimipaikka sijaitsee Tampereen Hervannassa. Yritys hyödyntää Tampereen teknillisen yliopiston kehittämää teknologiaa tehden siitä kaupallista liiketoimintaa. Wirepas Oy:n toiminta-ajatuksena on toimittaa älykkäitä mittaus-, paikannus- ja säätöjärjestelmiä. /13/

4.3. Järjestelmän rakenne ja toiminta

Järjestelmä koostuu tallennus- ja käyttöliittymä palvelimesta, IP-tiedonsiirtoyksiköistä sekä langattomista mittausyksiköistä eli nodeista. Nodet ovat joko paristo- tai muuntajakäyttöisiä riippuen tehtävästä ja nodeen liitetyistä antureista. Nodeissa on valmiina muutamia antureita, kuten lämpötila- ja valoisuusanturit. Lisäksi nodeihin voidaan liittää erilaisia ulkopuolisia antureita, esimerkiksi kosteus-, paine- ja hiilidioksidiantureita. Mittaustiheys on järjestelmässä määriteltävissä. Myös muiden järjestelmien väyläpohjaista tietoa voidaan siirtää järjestelmällä langattomaksi. Esimerkkinä tästä ovat väyläpohjaiset energiamittarit. /13/

Määritellyin väliajoin mittaustiedot lähetetään langattomasti eteenpäin. Mittaustiedot vastaanotetaan niin kutsutussa gateway-nodessa, joka siirtää mittaustiedot esimerkiksi ethernet-verkkoa käyttäen palvelimelle tallennettavaksi. Mikäli mittausnode ei saa suoraa radioyhteyttä gateway-nodeen, tiedonsiirto tapahtuu automaattisesti kuuluvuusalueella olevan toisen mittausnoden välityksellä. Tällöin toinen mittausnode toimii reitittimenä. Tiedonsiirtoreitit vaihtelevat ja korjautuvat itsestään antureiden sijoittelusta ja ympäristön muutoksista johtuen. /13/

Tiedonkeruupalvelimella tiedot tallennetaan. Tiedonkeruupalvelimelta tiedot on luettavissa joko pc- tai mobiilikäyttöliittymän avulla. Järjestelmän keräämästä tiedosta voidaan tuottaa eri määreiden pohjalta hälytysviestejä, jotka lähetetään eteenpäin joko sähköpostilla tai tekstiviesteinä. Järjestelmästä voidaan ottaa useita erilaisia ennalta määriteltyjä raportteja halutuilta nodeilta. Raporttien räätälöinti järjestelmäntoimittajan kanssa on mahdollista. Järjestelmän perusrakennetta on esitelty kuvassa 10. /13/



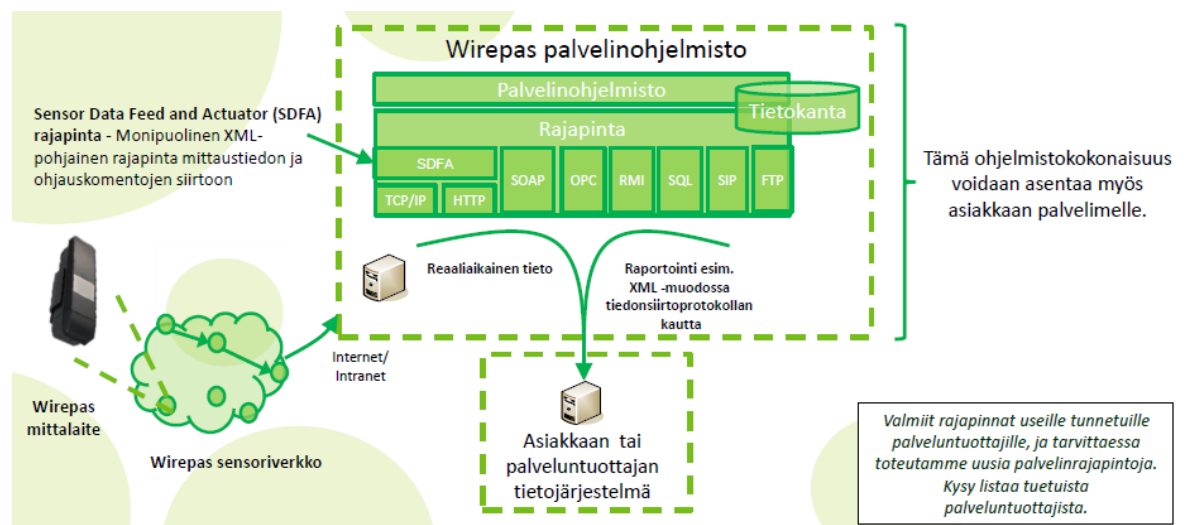
Kuva 10. Wirepas-järjestelmän rakenne /13/

4.3.1. Palvelin

Palvelimen tehtävänä on tallentaa langattomien mittalaitteiden mittaustiedot tietokantaan. Palvelimeksi riittää yleensä tavallinen perus PC. Palvelimen laitteistovaatimukset vaihtelevat sensoriverkon toiminnallisuuden mukaan. Palvelin voi olla joko asiakkaan oma tai Wirepas Oy:n omistama. Palvelimen tulee luonnollisesti olla samassa verkossa

gateway-nodejen kanssa. Pilotissa palvelin oli kuntayhtymämme oma ja oli omassa verkossamme. /13/

Palvelinohjelmistossa on valmiina useita erilaisia ohjelmistorajapintoja järjestelmän tuottaman tiedon siirtämiseksi toisiin tietojärjestelmiin ja laitteistoihin. Valmiina löytyvät esimerkiksi XML-, SOAP-, OPC- ja SQL-ohjelmistorajapinnat. Ohjelmistorajapintoja ja järjestelmäliitoksia on esitelty kuvassa 11. /13/



Kuva 11. Ohjelmistorajapinnat ja järjestemäliitokset /13/

4.3.2. Käyttöliittymä

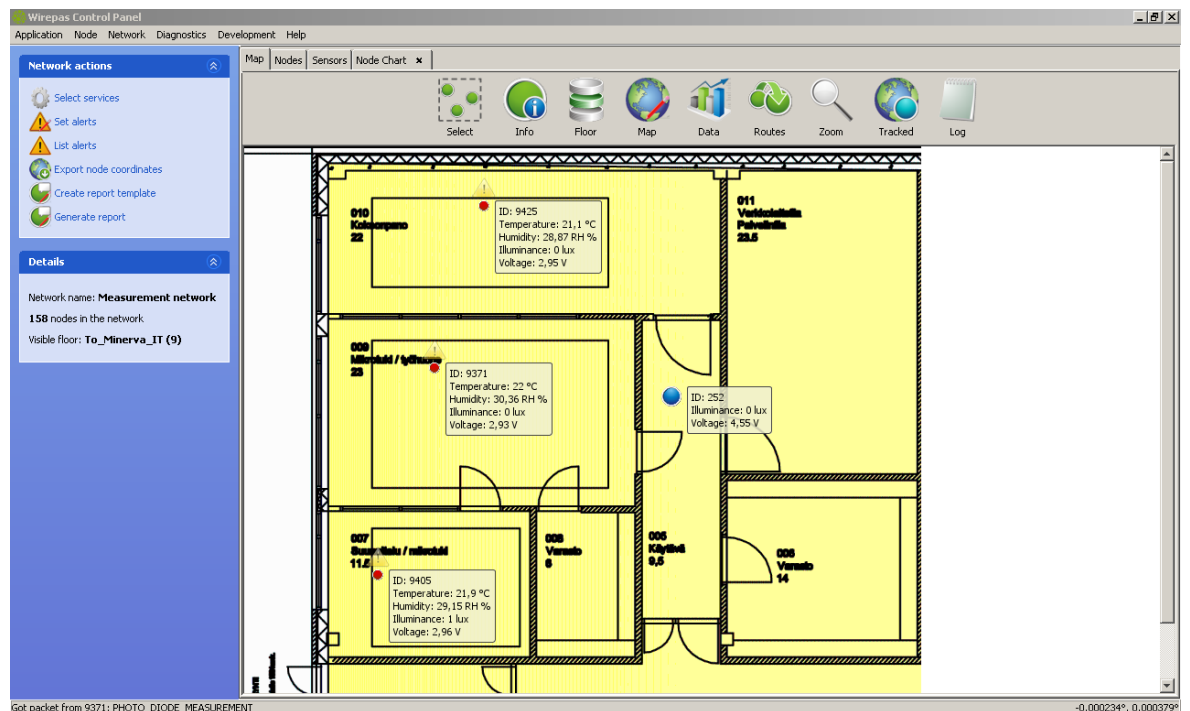
Järjestelmässä on useita eri käyttöliittymävaihtoehtoja. Pilotissa käytettiin Wirepas Oy:n omaa Java-pohjaista käyttöliittymää. Tämän lisäksi on web-käyttöliittymä ja mobiililaitteille tarkoitettu käyttöliittymä. Ohjelmistorajapintojen avulla järjestelmä voidaan liittää myös moniin muihin eri valmistajien valvomo-ohjelmistoihin. /13/

Käyttöliittymän avulla katsellaan palvelimelta mittausyksiköiden mittaustuloksia. Mittaustiedot päivittyvät käyttöliittymään mittausyksiköihin määritellyin mittausvälein. Toisin sanoen aina kun mittausyksikkö tekee mittauksen, se välittyy saman tien käyttöliittymään.

Käyttöliittymään voidaan luoda tasoja tarkastelun helpottamiseksi. Tason taustakuvaksi voidaan laittaa esimerkiksi rakennuksen pohjakuva tai sen osa. Mittausnodeille

määritellään käyttöliittymässä, millä tasolla ne sijaitsevat. Tämän jälkeen esimerkiksi lämpötilanmittaus voidaan siirtää hiirellä pohjakuvan päälle todelliseen sijaintipaikkaansa. Tämä on hyvä ominaisuus ja helpottaa mittaustietojen tarkastelua. Kuvassa 12 käyttöliittymään on viety taustakuvaksi osa rakennuksen pohjakuvasta.

Käyttöliittymässä voidaan valita, minkä anturien mittaustietoja nodelta halutaan näyttää. Mittausten historiatietoja voidaan katsella halutulta aikajaksolta valmiilla toiminnolla, joka esittää mittaustiedot graafisena käyränä. Kuvassa 13 on esimerkinäkymä historiatiedoista. Samaan tarkastelukäyrään voidaan tuoda useiden mittausnodejen tiedot yhtä aikaa. Näkyvissä olevat tiedot voidaan tallentaa csv- tai pdf-muotoon.



Kuva 12. Käyttöliittymän taustakuva



Kuva 13. Historiatietojen katselu

Käyttöliittymän avulla voidaan myös katsella valmiita ennalta määriteltyjä raportteja mittauksista. Käyttäjä voi itse määritellä ja luoda halutunlaisia raportteja valitsemistaan mittauksista. Valmiina raportteina on esimerkiksi keskiarvon, minimin ja maksimin, vaihteluvälin ja käyttöajan raportit.

Mittauksille voidaan asettaa hälytysrajat. Hälytykset voidaan määritellä lähteväksi sähköpostilla tai tekstiviestinä.

Mittaustietojen lisäksi käyttöliittymässä voidaan tarkastella mittausverkon laitteiden keräämää tietoa järjestelmän toiminnallisuudesta. Seurattavia tietoja ovat esimerkiksi laitteiden paristojännitteet, verkossa liikkuvien tietopakettien määrä ja tiedonsiirron läpimenoaika. Näiden lisäksi voidaan seurata järjestelmän luotettavuutta menetettyjen pakettien määrää tarkastelemalla. Samoin voidaan seurata langattoman verkon kuuluvuutta eli kuinka hyvin verkon laitteet kuulevat toisiaan. Tämä on hyödyllinen ominaisuus, jonka avulla voidaan käyttöönottovaiheessa varmistaa langattoman verkon toiminta. /13/

4.3.3. Mittaus- ja tiedonsiirtoyksiköt

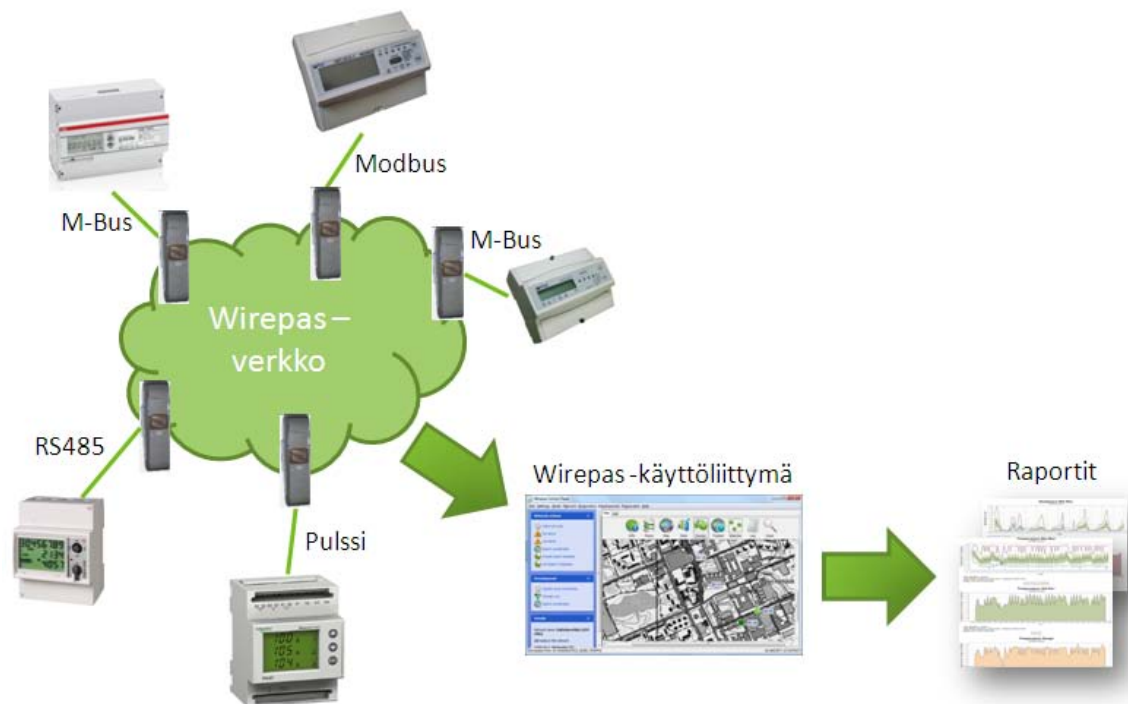
Mittausnode on paristokäyttöinen laite, joka lähettää siihen liitettyjen antureiden mittauksiedot langattomasti gateway-nodelle. Joidenkin anturityyppien käyttäminen edellyttää ulkoisen virtalähteen käyttöä, esimerkiksi hiilidioksidi-anturin käyttö. Peruslaite sisältää aina lämpötilan-, kosteuden- ja valaistusvoimakkuuden anturit. Kuvassa 14 on esitetty mittausyksikön anturi- ja laiteliityntöjä. Kuvassa näkyvien liityntöjen lisäksi laitteeseen voidaan tehdä myös räätälöityjä anturi- tai laiteliitoksia. /13/

Wirepas Modular Anturivaihtoehdot



Kuva 14. Mittausnoden anturi- ja laiteliitännät /13/

Mittausnoden avulla voidaan siirtää useiden väyläpohjaisten mittalaitteiden mittauksietoja. Väyläpohjaisten laitteiden liittäminen on esitelty kuvassa 15.



Kuva 15. Mittausnoden väyläliittynät /13/

Gateway-noden tehtävänä on välittää mittausyksiköiden anturien mittaustiedot palvelimelle. Yhdyskäytävä palvelimelle muodostetaan yleensä lähiverkon kautta. Jos lähiverkkoa ei ole käytettävissä, voidaan yhdyskäytävä muodostaa GPRS/3G-modeemin avulla. Mikäli verkkoyhteys katkeaa, gateway-node voi tarvittaessa puskuroida mittaustietoja useita tunteja. /13/

5. JÄRJESTELMÄN PILOTOINTI

5.1. Pilotoinnin rajaukset

Lähtökohta pilotoinnille oli, että pilotoitava uudentyyppinen sähkönkäytön kulutusjakauman mittaus- ja analysointilaitteisto liitetään nykyiseen koulutuskuntayhtymä Lappian Wirepas-mittausverkkoon ja sen tiedonkeruupalvelimeen. Samoin mittaustietojen analysoinnissa käytetään nykyistä käyttöliittymää kehittämällä sitä yhdessä Wirepas Oy:n kanssa siten, että pilotille asetetut tavoitteet saavutetaan.

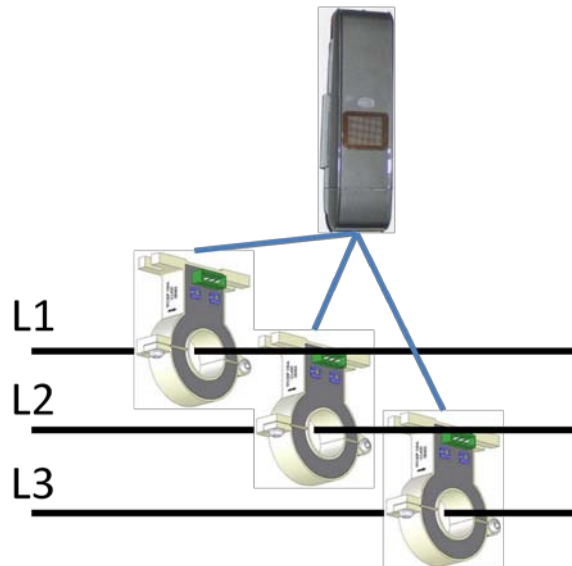
5.2. Yleiset mittausperiaatteet

Järjestelmän laitemäärytykset aloitettiin tutustumalla pilottikohteen sähköpääkeskukseen ja sen piirustuksiin. Tärkeimmät piirustukset olivat sähköpääkeskuksen pääkaavio sekä nousujohtokaavio. Koska kiinteistö muodostuu kahdesta isosta rakennuksesta A- ja B-rakennuksesta, päätettiin pilotti rajoittaa koskemaan B-osaa, jossa pääkeskus sijaitsee. Pääkaaviosta selvitettiin nousukeskuslähtöjen lukumäärä sekä käytetyt sulakekoot. Samoin pääkaaviosta selvitettiin nousukeskuslähdoissä käytetyt kaapelityypit johdinpoikkipintoineen.

Kaikki nousukeskuslähdtöt otettiin mukaan mittaukseen. Nousukeskuslähtöjä oli yhteensä 14 kappaletta. Suurimman nousukeskuslähdon sulakekoko oli 630A ja käytetty kaapelointi 2xAMCMK4x240+95. Tämä lähtö oli A-rakennusta syöttävä nousukeskuslähtö JK-A1.3. Pienin lähtö puolestaan oli varustettu 25A:n sulakkeilla ja käytetty kaapelityyppi oli MCMK 4x6+6S.

Sähkönkulutuksen mittaukseen päätettiin tässä käyttää virtakeloja, jotka liitetään mittausnodejen avulla mittausjärjestelmään. Mittausjärjestely on esitetty kuvassa 16. Koska kyseessä on kolmivaihelähdtöt, virtakelojen lukumääräksi tulee 42, kun mitattavia lähtöjä on 14 kappaletta.

Mittaustavan osalta päädyttiin siihen, että jännitteitä ei mitata. Kulutusjakauma analysoidaan sähkövirtojen jakautumisen perusteella. Tämä tekee järjestelmän yksinkertaisemmaksi ja edullisemmaksi. Lisäksi mittausjärjestelmän asentaminen nopeutuu ja helpottuu. Samalla järjestelmän asentamisesta tulee turvallisempaa, koska mittausta ei tarvitse kytkeä jännitteellisiin osiin.



Kuva 16. Virtamittausjärjestely /13/

5.3. Virtakelojen valinta

Virtakelojen valinta aloitettiin tutustumalla tarjolla oleviin virtakeloihin. Päätettiin, että virtakelojen tulee antaa ulostulona mitattuun virtaan suhteessa oleva 0-10V:n DC-jänniteviesti. Tämä viesti liitetään lähtöjen jokaisesta vaiheesta lähtökohtaiseen mittausnodeen ja sitä kautta järjestelmään. Samoin päätettiin, että virtakelojen tulee olla halkaistavat, jotta asennusvaiheessa ei tarvitse tehdä käyttöä häiritseviä jännitekatkoja. Vertailtavana oli CR Magneticsin, LEMin ja Topstekin tarkoitukseen sopivat virtakelat. Verrattavia arvoja olivat virranmittausalueet ja virtakelojen sisähalkaisijat. Virranmittausalueista varmistettiin, että ne vastaavat mitattavien nousukeskuslähtöjen virta-alueita. Samoin varmistettiin, että virtakelojen sisähalkaisijat ovat sopivat nousukaapeleiden johtimiin. Koska lähtöjen virtoja ei mitattu etukäteen, virtakelojen virta-arvot valittiin käytettyjen sulakekokojen mukaan. Tässä hyväksyttiin se, että virtakeloista tulee todennäköisesti kooltaan turhan suuria ja mittaustarkkuus tästä johtuen kärsii hieman.

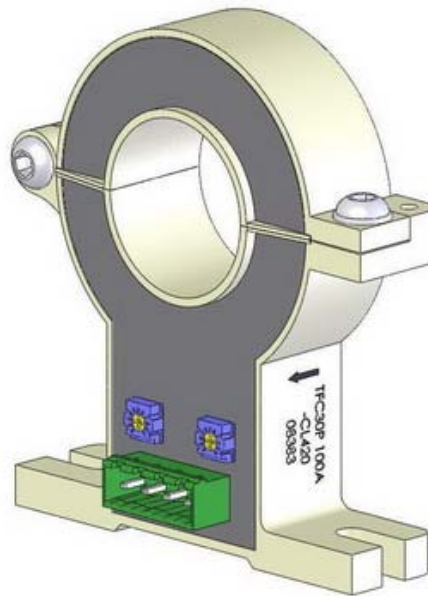
Koska kyseessä on kulutusjakauman määrittäminen eikä absoluuttisen tarkka mittaus, mittauksesta saadaan kuitenkin riittävän tarkka.

Päätettiin, että lähtösulakkeiltaan 25-160A:n lähdöissä käytetään mittausalueeltaan 0-200A:n CR Magneticsin virtakeloja. CR Magneticsin virtakela on kuvassa 17. Tarjolla olisi ollut myös virta-arvoltaan tarkemmin lähtöä vastaavia keloja. Käytettävien kelakokojen määrä pyrittiin saamaan kuitenkin mahdollisimman vähäiseksi, jotta järjestelmän hyödyntäminen jatkossa muissa kohteissa olisi yksinkertaisempaa ja toimivampaa. Valittujen virtakelojen etuna on, että ne eivät tarvitse ulkoista virtalähdettä mittaukseen tai jänniteviestin tuottamiseen. Tämä osaltaan yksinkertaistaa, helpotta ja nopeuttaa laitteiden asennusta.



Kuva 17. CR Magneticsin virtakela /13/

Suuremmissa 400A:n ja 630A:n päätettiin käyttää Topstekin virtakeloja. Topstekin virtakela on esitetty kuvassa 18. Mittausalueet keloissa olivat 0-400A ja 0-1000A. Näiden kelojen parhaana puolena on virtakelojen suuri sisähalkaisija, 31mm. Tämä antaa joustavuutta asennusvaiheessa. Haittana on, että nämä virtakelat vaativat ulkoisen virtalähteen. Vähäisestä määrästä johtuen tämä ei ollut merkittävä haitta.



Kuva 18. Topstekin virtakela /13/

5.4. Käyttöliittymä- ja raportointimääritykset

Pilotissa käytetään järjestelmän nykyistä käyttöliittymää. Käyttöliittymässä on paljon valmiita hyviä ominaisuuksia. Koska pilotissa on kyse kokonaan uudentyyppisestä mittaus- ja analysointikohteesta, vaatii käyttöliittymä kehitystyötä. Määriteltiin, että normaalien toimintojen lisäksi järjestelmän tulee tuottaa automaattisesti kulutusjakaumaraportti valituista lähtömittauksista. Jakauma esitetään esimerkiksi piirakkamuotoisena. Lisäksi määriteltiin, että kulutusjakauman määrittämisen aikaväli tulee olla aseteltavissa siten, että yö- ja päiväkulutusjakaumat ovat helposti eroteltavissa. Myös kaikkien mittauksen yhteenlaskettua kulutusta tulee voida tarkastella helposti valittuina eri ajanjaksoina.

5.5. Asennus

Järjestelmän asentamisessa suurin työ on virtakelojen asennus keskuslähtöjen virtajohtimiin. Koska virtakelat asennetaan sähkökeskuksen sisään, on työ toteutettava sähköalan ammattilaisen toimesta. Työ vaatii huolellisuutta ja suojavälineitä, koska asennustyö joudutaan suorittamaan osin jännitteisten komponenttien läheisyydessä. Ammattilaiselle tällainen asennustyö on kuitenkin rutiininomaista. Pilottikohteen

sähköpääkeskus on kennotyyppinen keskus, jonka lähtökennojen välissä on pystysuuntaiset johtokuilut. Päätettiin, että virtakelat pyritään asentamaan johtokuilujen puolelle eikä lähtökennojen sisään. Tämä onnistui lähes kaikissa lähdöissä. Muutamia virtakeloja jouduttiin asentamaan lähtökennon sisään, mikä onnistui kuitenkin hyvin. Myös lähtökohtaiset mittausnodet asennettiin keskuksen sisään. Nodet kiinnitettiin keskuksen sisäpuolelle kaksipuolisen teipin avulla.

Virtakelojen asennus suurimpiin keskuslähtöihin oli vaikeinta. Tämä johtui siitä, että suurimpien lähtöjen syöttökaapelit eivät kulkeneet johtokuilujen kautta vaan lähtivät suoraan kennosta ylöspäin. Tällöin virtakelat jouduttiin asentamaan kennon sisälle. Paksuimpia johtimia ei juuri voinut taivutella tai käännellä. Asennus onnistui kuitenkin tästä huolimatta kohtuullisen helposti. Suurimmissa lähdöissä käytetyt virtakelat tarvitsivat myös ulkopuolisen virtalähteen. Virtalähteet jätettiin keskuksen ulkopuolelle ja vain virtajohdot vietiin virtakeloille. Virtalähteitä tarvittiin vain kaksi kappaletta, 400A:n lähtöjen virtakeloille ja 630A:n lähdöille. Periaatteessa olisi selvitty yhdellä virtalähteellä, mikäli syötöt olisi ketjutettu virtakeloilta toisille. Asennusteknisesti oli kuitenkin helpompaa käyttää kahta eri virtalähdettä.

Käytännössä järjestelmän asentaminen on siis virtakelojen asentamista. Tässä kohteessa 14 virtakelan asentaminen vei ammattitaitoiselta sähköasentajalta noin neljä tuntia. On luonnollista, että ahtaissa keskuksissa kelojen asentaminen voi olla pilottikohdetta hitaampaa. Asennettavat komponentit olivat siis virtakelat mittausnodeineen, virtalähteet suurimpien lähtöjen virtakeloille sekä niin sanottu gateway-node, joka asennettiin pääkeskushuoneessa olevan ATK-rasian yhteyteen.

5.6. Käyttöönotto

Järjestelmän käyttöönottovaihe aloitettiin laittamalla kaikkiin nodeihin uudet lithium paristot. Jokainen node tarvitsee toimiakseen kaksi kappaletta 1,5V:n AA-paristoa. Paristojen laitton jälkeen varmistettiin järjestelmän käyttöliittymästä, että kaikki mittausnodet tulevat aktiivisiksi. Järjestelmätoimittaja oli lisännyt pilotin 14 nodea jo

valmiiksi järjestelmään. Niinpä järjestelmä alkoi mitata virtatietoja välittömästi eikä mitään ongelmia ollut.

Järjestelmän mittaamien virta-arvojen suuruusluokka varmistettiin pistokokein suoritettulla vertailumittauksella. Koska virta-arvot vaihtelevat lähdöissä koko ajan, ei vertailu ollut kovin helppoa. Ongelmallista vertailussa oli myös se, että mittausjärjestelmän käyttöliittymän mittaustulokset eivät ole täysin reaaliaikaisia. Pilotissa mittaukset määriteltiin tehtäväksi kahden minuutin välein. Suuruusluokat olivat kuitenkin kohdallaan eikä virheitä näyttänyt olevan. Kaikki virtakelat on myös kalibroitu järjestelmäntoimittajan toimesta koko virta-alueellaan.

5.7. Käyttöliittymän kehittäminen

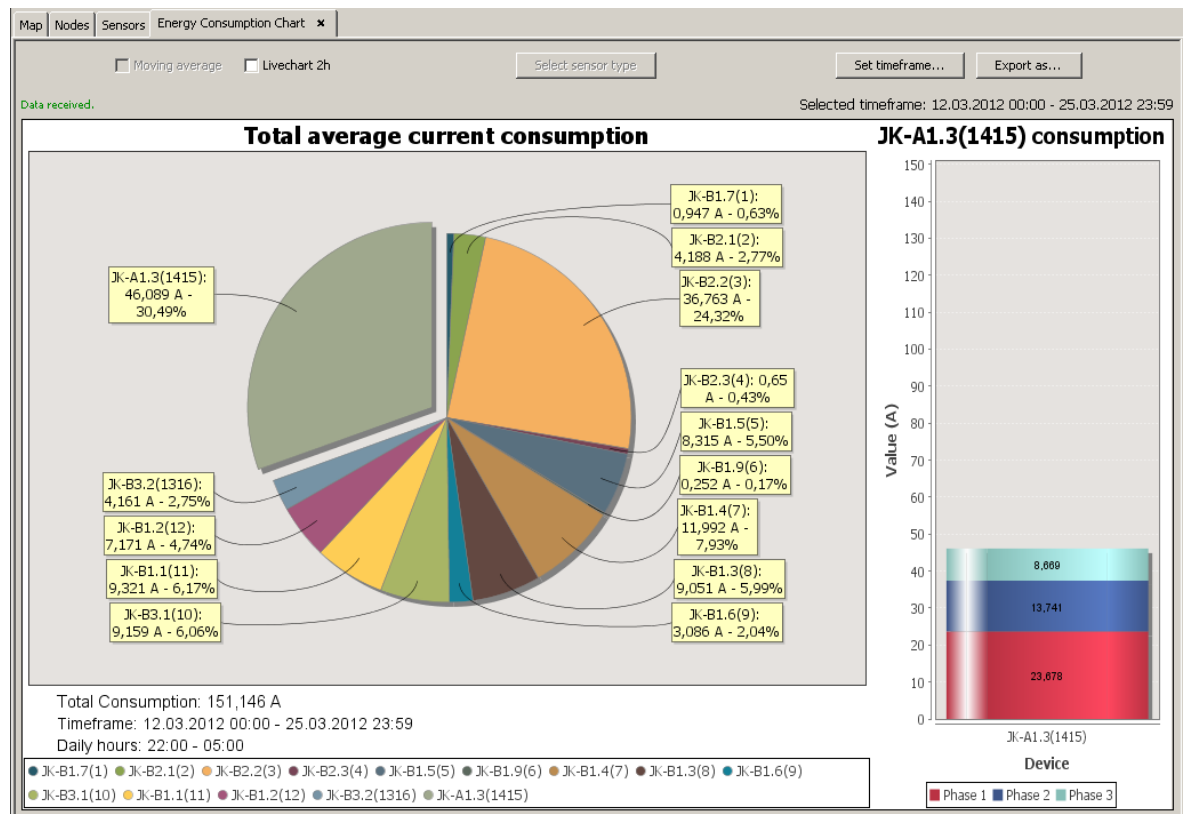
Pilotissa kehitettiin uudentyyppinen sähkönkulutuksen jakauman analysointilaitteisto. Käyttöliittymässä ei siten ollut valmiina tähän käyttötarkoitukseen tarvittavia ominaisuuksia. Tarvittavat ominaisuudet kartoitettiin opinnäytetyön tekijän toimesta. Varsinaisesta käyttöliittymän kehittämisestä on vastannut kokonaan järjestelmäntoimittaja.

Ensimmäiseksi kehitettiin käyttöliittymään ominaisuus, joka laskee yksittäisen nousukeskuslähdön kulutusmittauksen osuuden kaikkien lähtöjen yhteenlasketusta kokonaiskulutuksesta. Kulutusjakauma oli aluksi saatavissa vain tietyllä aikavälillä. Tähän haluttiin lisäominaisuudeksi vapaasti valittava aikajakso, johon voi valita vapaasti kellonaikavälin, jota halutaan seurata. Tässä haettiin ominaisuutta, että voidaan tarkastella vaikkapa kahden viikon ajalta yöaikaisen kulutuksen jakaumaa. Tämä on erittäin hyvä ominaisuus, joka paljastaa niin sanotulta kiinteistön tyhjäkäyntiajalta sähköä kuluttavat kohteet.

Seuraavaksi kulutusjakauma tuli saada visuaalisesti havainnolliseksi. Tässä päädyttiin perinteiseen piirakkakaavioon. Piirakkakaavio kertoo selkeästi nousukeskuslähtöjen kulutusosuudet. Tätä voi historiatiedon lisäksi seurata myös reaaliajassa. Jokainen piirakan osa on nimetty mitatun nousukeskuksen mukaan. Nimiön yhteydessä on myös numeroilla esitetty lähdön kaikkien vaiheiden virtojen summa ja lähdön prosenttiosuus

kokonaiskulutuksesta. Piirakasta voi myös valita yhden palasen, jolloin kyseisen nousukeskuslähdön vaihevirrat on nähtävillä pylväskaaviona. Kehitystyön tulos on nähtävissä kuvassa 19.

Nousukeskusten JK-A1.3 ja JK-B2.2 kaapelointi oli toteutettu tuplakaapeleilla. Tästä syystä kumpaakin kaapelia varten jouduttiin laittamaan omat mittausnodet virtakeloineen. Tämä toi tarpeen yhdistää palvelimella kahden eri mittausnoden mittaustiedot. Tämäkin saatiin toteutettua. Tuloksena oli virtuaalinode, jonka ominaisuudet ovat tietojen analysoinnissa identtiset yksittäiseen fyysiseen mittausnodeen verrattuna.

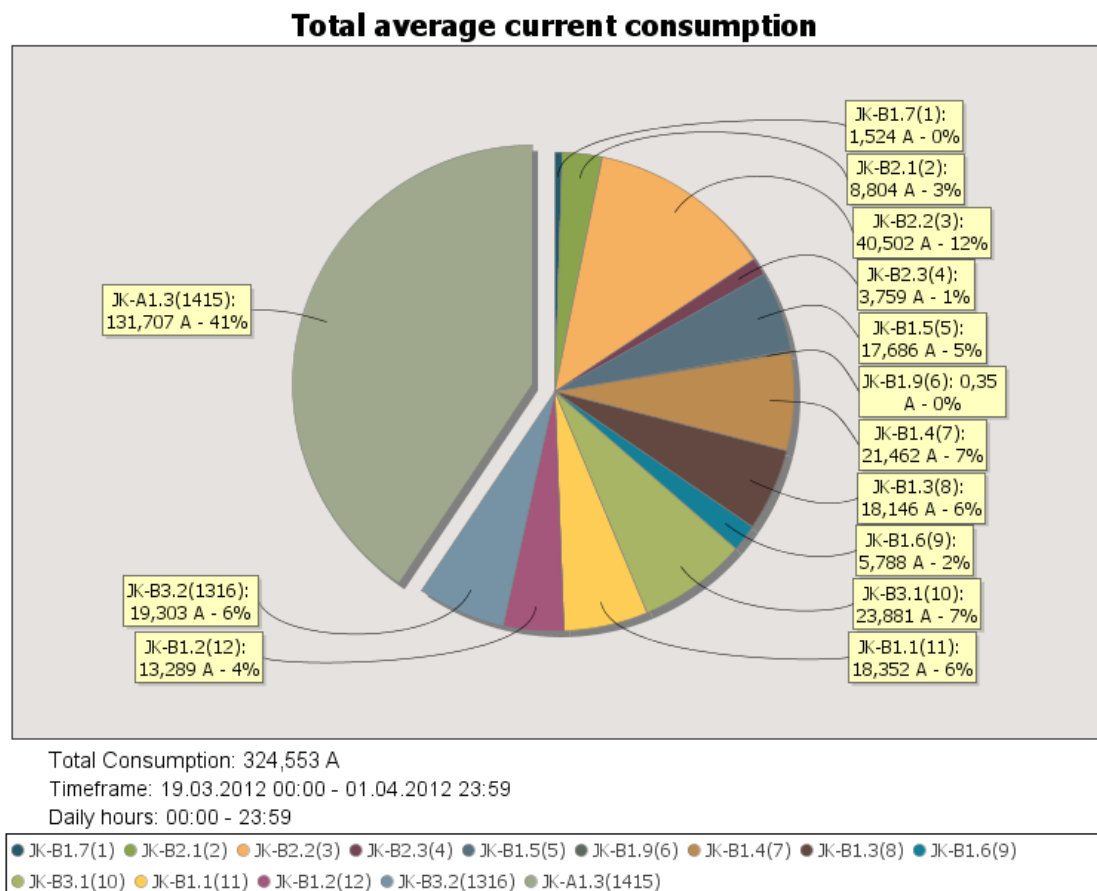


Kuva 19. Kulutusjakauman visualisointi

6. MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI

6.1. Pilottikohteen kulutusjakauma

Pilottikohteessa mitattiin sähkönkulutuksen jakauma nousukeskusten välillä. Tämä tehtiin virtamittauksiin perustuen. Wirepas-järjestelmästä saadaan nyt opinnäytetyössä tehdyn kehitystyön jälkeen havainnollinen raportti kulutusjakaumasta. Jakauma esitetään piirakkakaaviona. Jakaumaportti voidaan ottaa vuorokauden kaikilta tunneilta tai valituilta tunneilta. Alla olevassa kuvassa 20 on esitetty kohteen nousukeskuslähtöjen virtamittauksen koko vuorokauden keskiarvoihin perustuva jakauma. Keskiarvot lasketaan kahden minuutin välein tehtävistä hetkellisistä mittauksista. Jakauman analysoinnissa keskitytään B-rakennukseen ja sen nousukeskuksiin.



Kuva 20. Sähkönkäytön jakaumaraportti koko vuorokauden ajalta

Jakaumaraportista nähdään helposti neljä eniten kuluttavaa nousukeskuslähtöä. Ne ovat suuruusjärjestyksessä JK-A1.3, JK-B2.2, JK-B3.1 ja JK-B1.4. JK-A1.3 on A-rakennuksessa oleva keskus, jonka kautta koko A-rakennuksen sähkö jaetaan. Näin ollen on selvää, että keskus on neljän eniten kuluttavan keskuksen joukossa.

6.1.1. Nousukeskus JK -B2.2

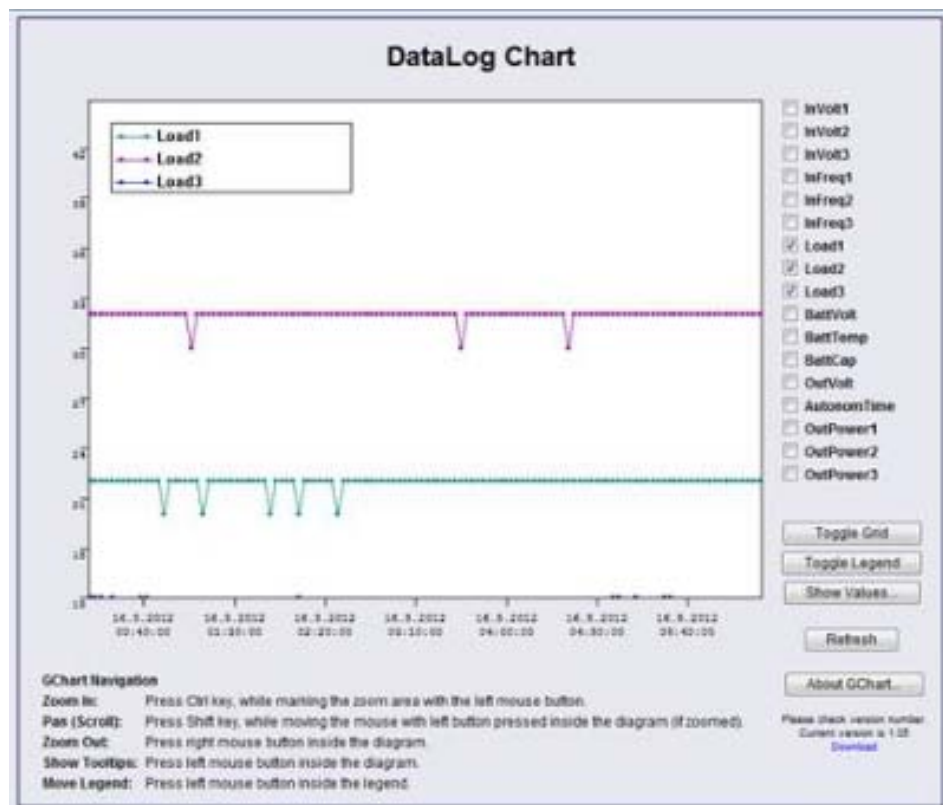
Keskus JK-B2.2 sijaitsee B-rakennuksen pohjoispään toisessa kerroksessa. Taulukossa 1 on esitetty keskuksen vaikutusalueen erityyppisten tilojen pinta-alat.

Taulukko 1. JK-B2.2 vaikutusalueen erityyppiset tilat

JK-B2.2 vaikutusalueen tilajako	m ²
sosiaalitilat	159
luokkatilat	149.5
opettajienhuone	75.5
oleskelutilkat	74
IT-laitetila	21.5
siivouskomero	3
käytävät	90.5

Sähkönkulutuksen kannalta tiloissa on paljon vähäkuormaisia tiloja. Sosiaali- ja oleskelutiloissa kuorma on lähinnä valaistuskuormaa. Näin on tilanne myös käytävissä.

IT-laitetilassa on palvelimia ja jäähdytyslaitteita. Palvelinten sähkönkäyttö nähdään UPS-laitteiston verkkokäyttöliittymästä, joka on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Palvelinten sähkönkäyttö

Luokkatilat jakautuvat kahteen luokkaan, josta suurempi (87.5m²) on ATK-luokka. ATK-luokassa on 36 ATK-työpistettä. Työpisteissä on kiinteät työasemat litteillä näytöillä varustettuina. Opettajienhuoneessa on yhdeksän työpistettä, jotka on varustettu kannettavilla tietokoneilla ja niiden apunäytöillä.

Keskuksen vaikutusalueen valaistus on toteutettu loisteputkivalaisimin. Käytävässä valaistusta ohjataan painonapein. Mikäli käyttäjät eivät sammuta käytävien valaistusta, sammutus tapahtuu rakennusautomaation aikaohjauksena klo 22.00. Kaikkien muiden tilojen valaistusta ohjataan kytkimillä ja ohjaus on käyttäjien vastuulla.

Tarkempaa selvittelyä vaativat IT-laitetila ja ATK-luokan ja opettajien tietokoneiden sammutuskäytännöt. Lisäksi valaistuksen käyttötottumuksia ja automaattista sammuttamista kannattaa seurata.

6.1.2. Nousukeskus JK -B3.1

Keskus JK-B3.1 sijaitsee B-rakennuksen kolmannen kerroksen eteläpään ilmastointikonehuoneessa. Keskus on LVI-keskus. Siitä saavat sähkönsä ilmastointikoneet TK/PK002 ja TK/PK003 sekä näiden erillispoistot, joita on yhteensä neljä kappaletta.

Keskuksen perässä ovat myös kiertoilmakojeet KK201 ja KK202, joita käytetään tuulikaappien lämmityksessä. Keskukseen on kytketty myös jäähdytyskojeet KK203 ja KK206. Jäähdytyskojeet ovat split-tyyppisiä jäähdytyslaitteita. Keskuksen syöttämien laitteiden yhteenlaskettu sähköteho on noin 26kW.

Tämän keskuksen sähkönkulutuksen kannalta on syytä tarkastella ilmastoinnin käyntiaikoja ja jäähdytyksen käyttöä.

6.1.3. Nousukeskus JK -B1.4

Keskus JK-B1.4 sijaitsee B-rakennuksen ensimmäisen kerroksen pohjoispäässä. Taulukossa 2 on esitetty keskuksen vaikutusalueen erityyppisten tilojen pinta-alat.

Taulukko 2. JK-B1.4 vaikutusalueen erityyppiset tilat

JKB1.4 vaikutusalueen tilajako	m ²
keittiö	29.5
kahvio	51.5
aula	79
WC:t	15
toimistot	65
kopiohuone	21
varasto	9

Myös keskuksen JK-B1.4 vaikutusalueella on sähkönkulutuksen kannalta paljon vähäkuormaisia tiloja. Aula- ja kahviotiloissa kuorma on lähinnä valaistuskuormaa.

Keittiössä on luonnollisesti paljon sähköä kuluttavia laitteita. Kylmälaitteina on kolme kaappityyppistä jää/pakastekaappia. Ruoan ja leivonnaisten valmistamiseen liittyviä

laitteita ovat kiertoilmauuni, tasoliesi ja pizzauuni. Näiden lisäksi keittiöstä löytyy lämpölevy, kahvinkeitin ja astianpesukone. Keittiölaitteiden yhteenlaskettu sähköteho on n. 27kW.

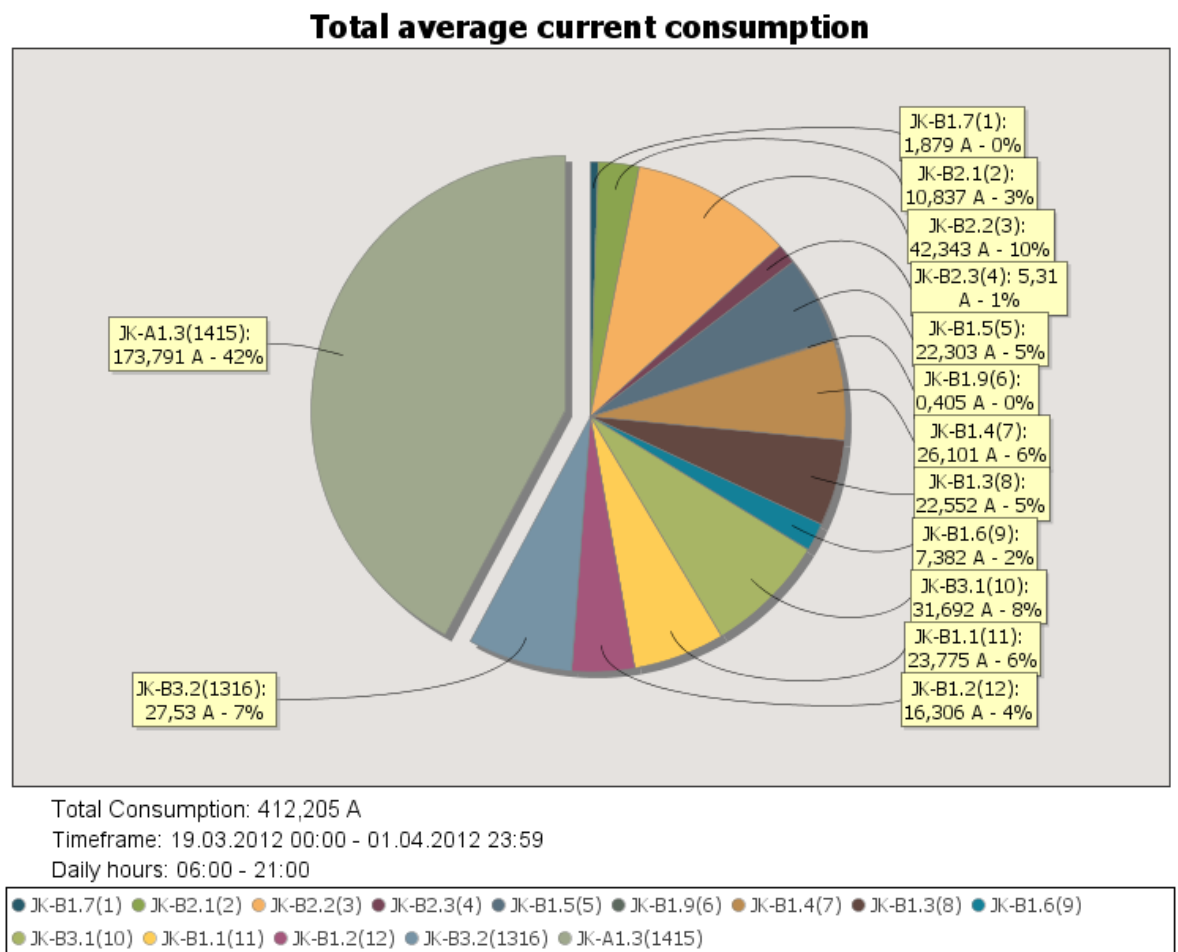
Toimistoissa työskentelee yhteensä neljä henkilöä. Kaikkien henkilöiden työpisteet ovat ATK-työpisteitä. Kiinteitä työasemia on kolme kappaletta ja kannettavia kaksi kappaletta. Työasemat on varustettu litteillä näytöillä. Kopiohuoneessa on yksi iso monitoimikopiokone ja paperisilppuri. Keskuksesta on edellä mainittujen lisäksi syötetty hissi ja äänentoistojärjestelmä.

Tämänkin keskuksen vaikutusalueen valaistus on toteutettu loisteputkivalaisimilla. Aulatilojen valaistusta ohjataan painonapein. Käyttäjät huolehtivat valojen sammuttamisesta, mutta mikäli sammuttaminen unohtuu, sammuttaa rakennusautomaatio valaistuksen viimeistään klo 22.00. Muissa tiloissa valaistusta ohjataan kytkimillä ja ohjaus on käyttäjien vastuulla.

Alueen suurin yksittäinen kuluttaja on keittiö. Keittiölaitteiden käyttötottumuksista voi löytyä säästökohteita. Lisäksi kylmiöiden lämpötila-asetukset ja lauhdutinten puhtaus kannattaa tarkastaa.

6.2. Päiväajan jakauma

Edellisessä kappaleessa tarkasteltiin nousukeskusten kulutusjakaumaa koko vuorokauden ajalta. Tässä kappaleessa tarkastellaan sitä, miten päiväajan jakauma poikkeaa koko vuorokauden jakaumasta. Kun on kyseessä oppilaitos, on selvää että kiinteistössä tapahtuva toiminta keskittyy selkeästi päiväajalle. Tällöin niin sanottu käyttäjäsähkön kulutus on huipussaan. Tällöin myös ilmastoinnin, keittiölaitteiden ja mahdollisesti päällä olevan jäähdytyksen sähkönkulutus on suurimmillaan. Päiväajan nousukeskuskohtainen kulutusjakauma on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Sähkönkäytön jakaumaraportti päiväajalta

Päiväajalla nousukeskusten sähkönkulutus suuruusjärjestyksessä on JK-A1.3, JK-B2.2, JK-B3.1 ja JK-B3.2. Koko vuorokauden seurantajaksoon verrattuna kulutusjakaumassa tapahtuu siis muutoksia. Suurin kuluttaja on edelleen nousukeskus JK-A1.3, joka on A-rakennuksen nousukeskusten jakokeskus. Samoin toiseksi ja kolmanneksi suurimmat kuluttajat ovat edelleen nousukeskukset JK-B2.2 ja JK-B3.1, jotka on esitelty edellisessä kappaleessa. Neljänneksi suurimmaksi kuluttajaksi on noussut nousukeskus JK-B3.2.

6.2.1. Nousukeskus JK -B3.2

Keskus JK-B3.2 sijaitsee B-rakennuksen pohjoispäässä kolmannessa kerroksessa. Keskus on LVI-keskus, josta saavat sähkönsä ilmastointikoneet TK/PK004, TK/PK005, TK/PK006 ja TK/PK010. Edellä mainittujen ilmastointikojeiden erillispoistot, joita on yhteensä neljä kappaletta, saavat myös sähkönsä tästä nousukeskuksesta.

Keskuksesta syötetään myös tuulikaappien lämmityksessä käytettävät kiertoilmakojeet KK601, KK602 ja KK603. Split-tyyppiset jäähdytyskojeet KK402, KK405, KK406, KK408, KK410 ja KK604 saavat myös sähkönsä nousukeskuksesta JK-B3.2.

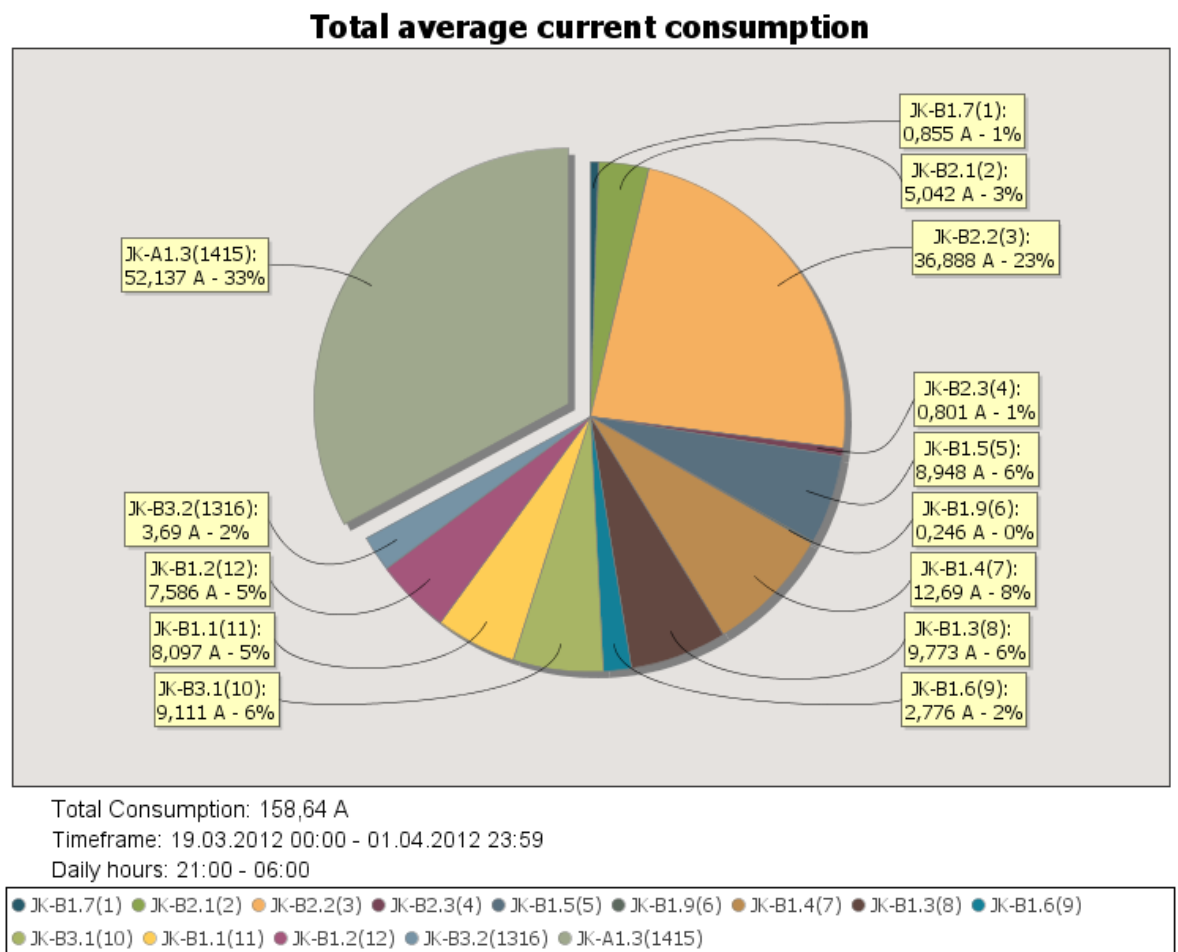
Edellä mainittujen jäähdytyslaitteiden lisäksi keskukseen on kytketty myös vedenjäähdytin JK001, joka palvelee ilmastointikoneiden jäähdytyspattereita. Keskukseen liitettyjen jäähdytyslaitteiden yhteenlaskettu jäähdytysteho on 124kW. Tarkasteluhetkellä jäähdytykset eivät olleet päällä, koska ulkona ei viileää eikä tiloissa ollut jäähdytyksen tarvetta.

Keskuksen syöttämien laitteiden yhteenlaskettu sähköteho on noin 150kW.

Tämän keskuksen osalta on syytä tarkastella ilmastoinnin käyntiaikoja ja erityisesti jäähdytyksen käyttöä kesäaikaan.

6.3. Yöajan jakauma

Oppilaitoskiinteistössä yöaikainen sähkönkulutus on niin sanottua tyhjäkäyntikuormaa. Tällöin kiinteistössä ei ole käyttäjiä ja sähkönkulutus muodostuu päällä olevista sähkölaiteista. Näitä ovat esimerkiksi LVI-järjestelmän pumput, ilmastointikoneet, WC- ja sosiaalityötilojen poistopuhaltimet, kylmälaitteet, IT-laitteet ja jäähdytyslaitteet. Tässä kappaleessa tarkastellaan sitä, miten yöaikainen kulutusjakauma poikkeaa päiväaikaisesta jakaumasta. Kuvassa 23 on esitetty nousukeskuskohtainen kulutusjakauma yöajalta.



Kuva 23. Sähkönkäytön jakaumaraportti yöajalta

Edellä olevasta kuvasta 23 nähdään, että kulutusjakauma on muuttunut verrattuna päiväaikaan. Edelleen suurimmat sähkönkuluttajat ovat nousukeskus JK-A1.3 ja JK-B2.2, jotka on esitelty edellisissä kappaleissa. Päiväaikaan seuraavaksi suurimmat sähkön kuluttajat olivat LVI-keskukset JK-B3.1 ja JK-B3.2. Yöaikaisessa kulutustilastossa ne ovat sijalla viisi ja kymmenen. Näiden keskusten osalta voidaan sanoa mittaustulosten perusteella, että niiden yöaikainen sähkönkäyttö muodostuu ilmastointikoneiden lämmitys- ja jäähdytyspumppujen sekä erillispoistojen käyttämästä sähköstä. Mittaustuloksista nähdään myös, että ilmastointi ja ilmastoinnin jäähdytys ovat pysähdyksissä yöaikaan.

Yöaikaisen sähkönkulutuksen kolmanneksi ja neljänneksi suurimmiksi sähkönkuluttajiksi ovat nousseet keskukset JK-B1.4 ja JK-B1.3. Keskusten JK-B1.4 vaikutusalueella sijaitsee keittiö. Keittiön kylmälaitteet muodostavat suuren osan keskuksen vaikutusalueen

kulutuksesta. Kylmälaitteiden yhteenlaskettu sähköteko on noin 6kW. JK-B1.4 on esitelty tarkemmin aiemmissa kappaleissa.

6.3.1. Nousukeskus JK -B 1.3

Keskus JK-B1.3 sijaitsee B-rakennuksen ensimmäisen kerroksen keskiosassa. Taulukossa 3 on esitetty erityyppisten tilojen pinta-alat keskuksen vaikutusalueella.

Taulukko 3. JK-B1.3 vaikutusalueen erityyppiset tilat

JKB1.3 vaikutusalueen tilajako	m ²
oleskelu	49
kuraattori/opp.ohj.	30.5
opettajienhuone	37
luokat	225.5
IT-tuki	137
oppilaskunta	15
siivouskomero	6
käytävä	111.4
arkisto	14.5
varastot	45
WC:t	5.5

Keskuksen JK-B1.3 vaikutusalueella on sähkönkulutuksen kannalta paljon vähäkuormaisia tiloja. Luokat ovat normaaleita kontaktiopetukseen tarkoitettuja tiloja. Valaistuksen lisäksi sähkökuorma on pelkästään pistorasioihin liitettyjen laitteiden aiheuttamaa sähkökuormaa. Keskuksen vaikutusalueen valaistus on toteutettu loisteputkivalaisimin. Käytävässä valaistusta on toteutettu painonappiohjauksin. Jos käyttäjät unohtavat sammuttaa käytävien valot, tapahtuu valojen sammutus rakennusautomaation aikaohjauksena klo 22.00. Kaikissa muissa tiloissa valaistusta ohjataan kytkimillä ja ohjaus on käyttäjien vastuulla.

Tämän keskuksen vaikutusalueella on syytä selvittää mitä kaikkia laitteita pistorasioihin on liitetty. Samoin on varmistettava sammutetaanko tilojen valaistus yöajaksi.

6.4. Vertailumittaukset tulosten tarkastamiseksi

6.4.1. Wirepas-järjestelmän mittaustapa

Vertailussa on huomattava, että Wirepasjärjestelmä perustuu vitamittaukseen ja jännitettä ei mitata. Jännitteelle on vaihekohtaisesti aseteltu oletusarvoksi 230V. Tällöin saadaan laskennallinen vaihekohtainen näennäisteho. Virtamittaus perustuu kahden minuutin välein tapahtuvaan hetkelliseen mittaukseen. Näistä hetkellisistä mittauksista lasketaan näennäistuntitehojen keskiarvot, joita verrataan tässä laskutusmittauksen päätötehoihin tunneittain.

6.4.2. Sähköliittymän mittaustapa

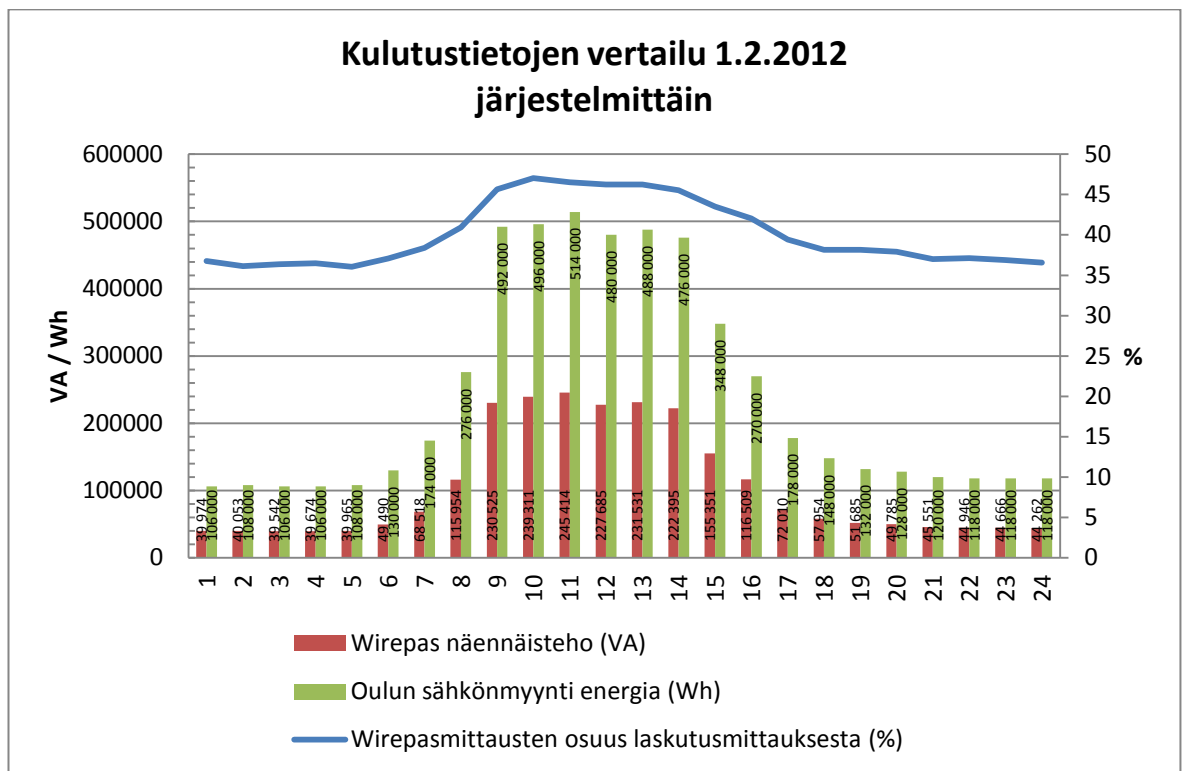
Pilottikohteen sähköliittymä on 1000 A suurjänniteliittymä. Kiinteistö liittyy 20 kV:n sähköverkkoon muuntajan avulla. Sähköliittymän energiamittaus tapahtuu suurjännitepuolelta virta- ja jännitemuuntajien avulla. Liittymän sähkömittarina on Enermetin Q510-mallinen energiamittari. Mittarissa käytetään digitaalista mittaustapaa, jossa mittari ottaa kaikkien vaiheiden virroista ja jännitteistä näytteitä kahden kilohertsin taajuudella. Näistä mittaustiedoista lasketaan vaihekohtaiset tehot, jotka sitten summataan kolmivaihetehoksi. Q510 on pulssilähtömittari, joka antaa pulsseja ohjelmoinnista riippuen esimerkiksi yhden pulssin yhtä kilowattituntia kohden. Toisin sanoen aina kun yksi kilowattitunti on mitattu, pulssikosketin antaa yhden pulssin pulssinkeruulaitteelle. Tässä kohteessa pulssinkeruulaitteena on Enermetin Melko MT30. Pulssinkeruulaite laskee tunneittain tulleet pulssit ja tallentaa ne muistiinsa. Energialaitos lukee keruulaitteen muistin puhelinverkon kautta. Sekä energiamittari- että etäluentalaite vaativat ohjelmointia käyttöönottovaiheessa. /6/

6.4.3. Wirepas-mittaustulosten vertaaminen laskutusmittauksiin

Laskutusmittauksesta saamamme tieto on päto- ja loisteho tunneittain. Vertailussa laskutustietoina on käytetty verkkoyhtiön sähkönmyyjälle ilmoittamia kulutuslukemia. Päto- ja loisteho on aina pienempi kuin näennäisteho, koska siinä ei ole loistehokomponentteja mukana. Tämä on otettava huomioon vertailussa. Myös mittaustavassa on eroja.

Laskutusmittaus ilmoittaa pätötehon ja Wirepas-järjestelmä näennäistehon. Huomattavaa on myös se, että Wirepas-järjestelmä ottaa näytteen virroista kerran 120 sekunnissa ja laskutusjärjestelmä puolestaan 2000 kertaa sekunnissa. Tarkkuus on järjestelmissä tällöin huomattavan erilainen. Tosin on muistettava, että Wirepas-järjestelmällä ei olekaan tässä tarkoitus mitata erittäin tarkasti lähtökohtaisia tehoja vaan kaikkien nousukeskuslähtöjen riittävän tarkkaa kulutusjakaumaa.

Alla olevassa kuvassa 24 on vertailu mittaustiedoista 1.2.2012. Kuvasta nähdään, että järjestelmien mittaukset poikkeavat merkittävästi suuruusluokaltaan toisistaan. Kuvasta nähdään myös, että Wirepas-järjestelmän tuottaman kulutusmittauksen osuus laskutustiedosta on 37 – 46 %. Poikkeama on huomattava.

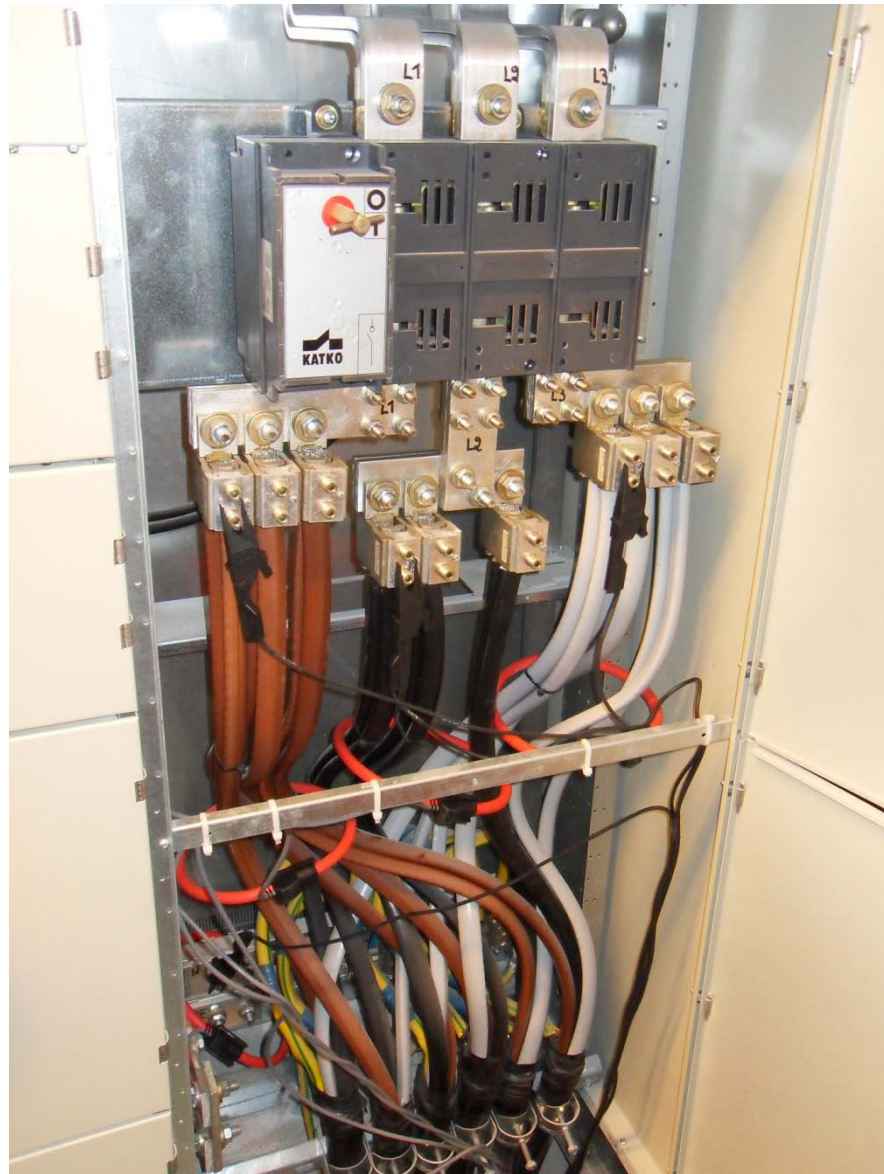


Kuva 24. Wirepas-järjestelmän kulutustietojen vertaaminen laskutustietoihin

6.4.4. Vertailumittaus

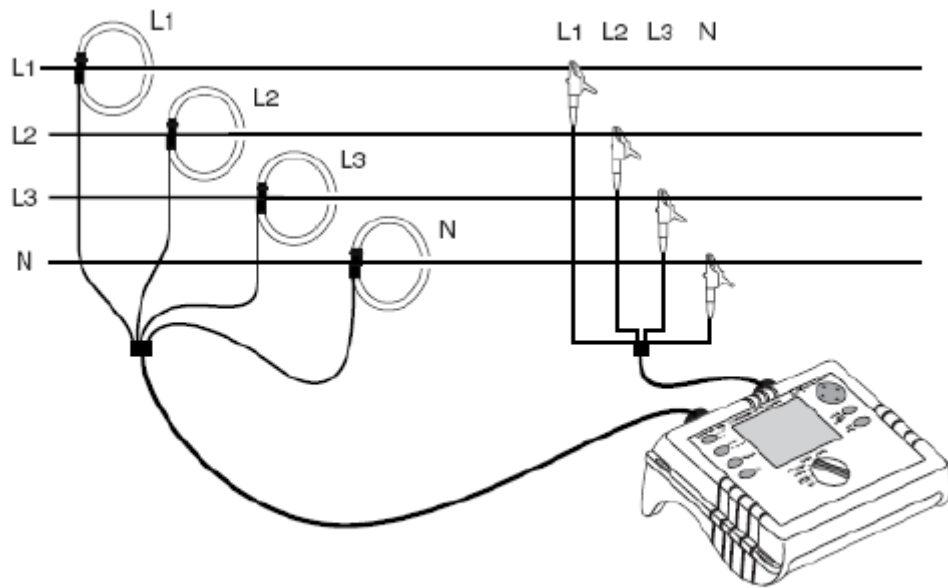
Koska järjestelmien antamat kulutustiedot poikkesivat toisistaan merkittävästi, päätettiin tehdä vertailumittaus Fluken 1735 tallentavalla sähkönlaadun tiedonkeruulaitteella.

Vertailumittauksessa mitattiin kerralla koko liittymän sähkönkulutus sähköpääkeskuksen syöttökaapeleista. Kuvassa 25 on esitetty mittausjärjestely.



Kuva 25. Vertailumittausjärjestely

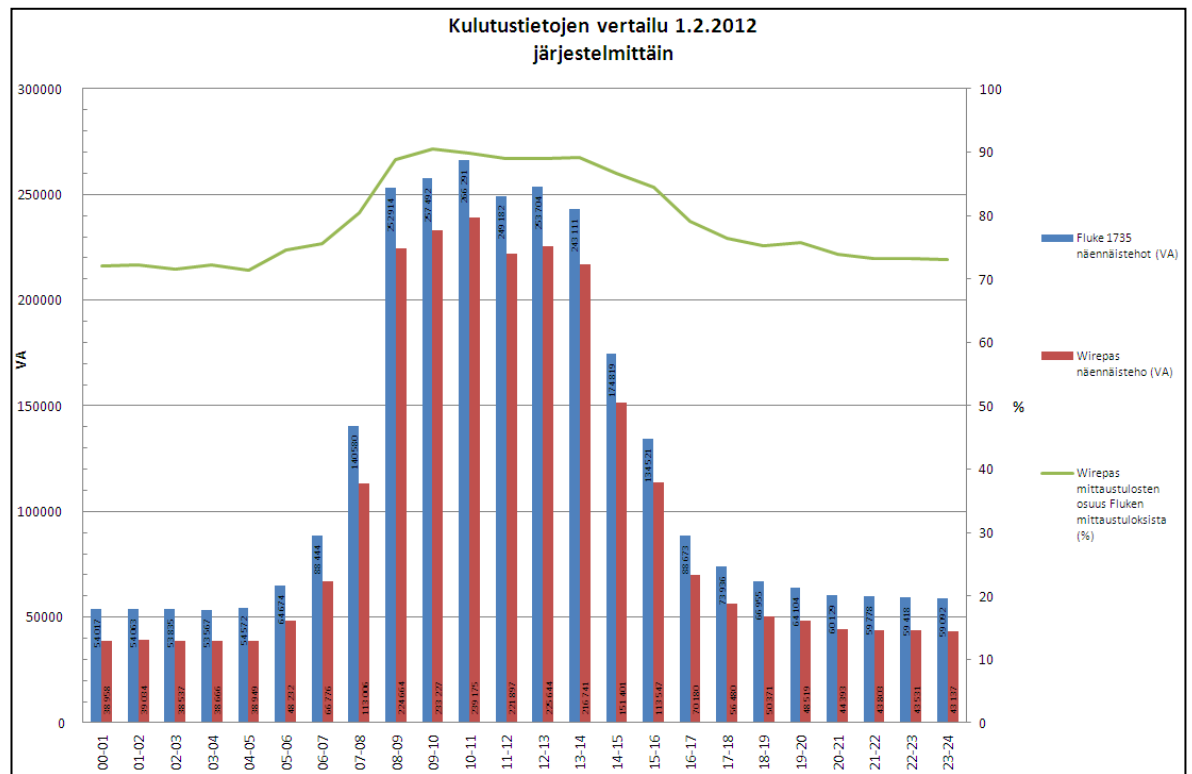
Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 26 on esitelty mittauskytkentä.



Kuva 7. 3-vaihe tähti-kytkentä

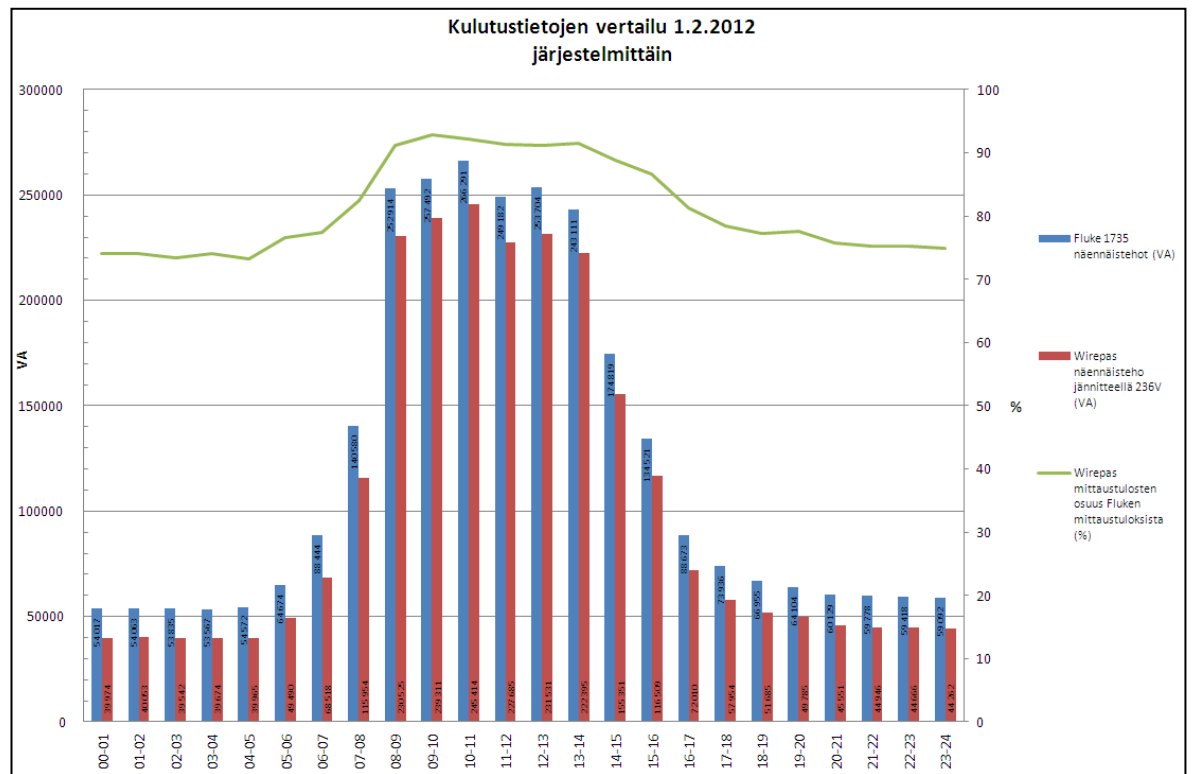
Kuva 26. Vertailumittauksen kytkentä /5/

Vertailumittauksessa määriteltiin mittariin kahden minuutin keskiarvoistusaika eli mittari tallentaa muistiin kahden minuutin keskiarvot mittaamilleen suureille ja niistä lasketuille laskennallisille suureille. Ensimmäisessä vertailussa verrattiin Fluken tallentamaa näennäistehoa Wirepas-järjestelmän yhteenlaskettuun näennäistehoon. Vertailun tulos on esitetty seuraavan sivun kuvassa 27.



Kuva 27. Näennäistehojen vertailu mittausjärjestelmittäin

Järjestelmien antamien näennäistehojen vastaavuus on kellonajasta riippuen välillä 71-91%. Poikkeamaa tarkasteltaessa on muistettava, että Wirepas-järjestelmän näennäisteho lasketaan vaiheittain kokonaisvirrasta ja oletusjännitteestä 230V. Fluken mittaus-tiedoista laskettuna vaihekohtaisten jännitteiden keskiarvo on 236V. Kuvassa 28 Wirepas-järjestelmän näennäistehot on muutettu vastaamaan mitattua vaihejännitettä 236V vastaavaksi. Kuvasta nähdään, että jännitteen muuttaminen arvioidusta mitattuun vaikuttaa vastaavuuteen noin kaksi prosenttia.

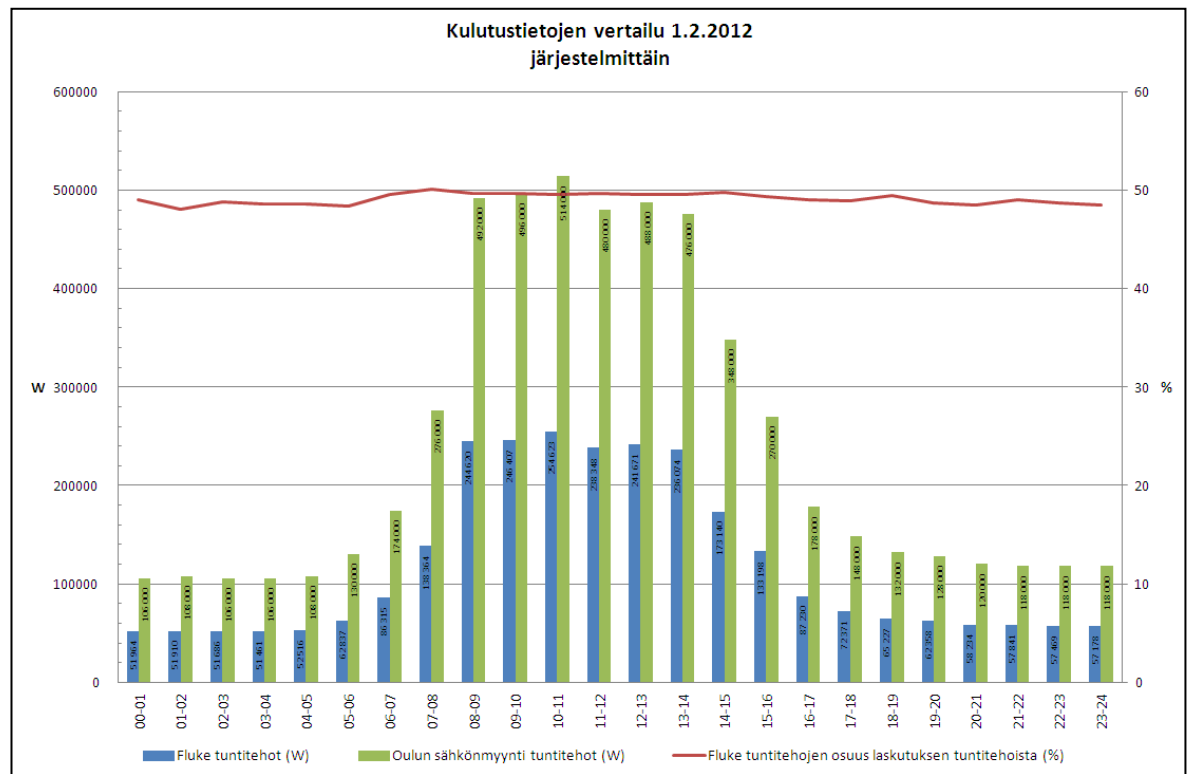


Kuva 28. Näennäistehojen vertailu mitatulla jännitteellä

Edellisen vertailun perusteella voidaan todeta, että Wirepas-järjestelmän mittaama näennäisteho on suuruusluokaltaan samaa tasoa Flukella mitattuun näennäistehoon. Poikkeama näyttää olevan pienimmillään silloin kun kulutus on suurimmillaan. Tämä viittaa siihen, että pienillä virta-arvoilla Wirepas-järjestelmässä käytettyjen virtakelojen mittaasepatarkkuus on suurimmillaan.

6.4.5. Mittaustulosten vertaaminen laskutustietoihin

Seuraavassa vertailussa verrataan Fluken mittaustuloksista laskettuja tuntitehoja laskutettuihin tuntitehoihin. Vertailu on esitetty kuvassa 29. Koska mitattu tuntiteho tässäkin vertailussa poikkesi merkittävästi laskutetusta tuntitehosta, asiasta tehtiin kirjallinen reklamaatio verkkoyhtiölle. Kuvasta 29 nähdään myös, että laskutettu tuntiteho on noin kaksinkertainen Flukella mitattuun tuntitehoon.



Kuva 29. Tuntitehojen vertailu

Reklamaation jälkeen verkkoyhtiö tutki asiaa ja totesi sähkömittariin liitetyssä pulssikeruulaitteessaan kerroinvirheen, joka on aiheuttanut kaksinkertaisen siirto- ja energialaskutuksen koko liittymän eliniältä eli 23.8.2004 alkaen. Liittymän kulutusta on ihmetelty aiemmin lokakuussa 2010, jolloin verkkoyhtiö totesi tarkastuttaneensa liittymän energiamittauksen ulkopuolisella tarkastajalla 2007. Tarkastus koski kuitenkin vain energiamittarin kytkentöjä ja ohjelmointia. Tästä syystä pulssikeruulaitteen ohjelmointivirheen vaikutuksia ei havaittu. Erikoista on se, että verkkoyhtiö ei huomannut tarkastuksessa mitatun kokonaispätötehon olevan puolet pienempi laskutustehoon verrattuna.

Verkkoyhtiö ilmoitti vastaavansa virheen vaikutuksista voimassa olevien sopimusehtojen mukaisesti. Reklamaatioksi hyväksyttiin syksyllä 2010 tehty kysely sähkönkulutuksen suuruudesta. Verkkopalveluehtojen 2010 mukaan verkonhaltija on velvollinen korvaamaan mittausvirheen aiheuttamat kulut kolme vuotta reklamaatiosta taaksepäin. Tässä tapauksessa korvausvelvollisuus ulottuu 1.11.2007 saakka. Verkkopalveluehtojen mukaan verkonhaltija joutuu myös korvaamaan väärin perityn siirtomaksun lisäksi myös väärin

perityn sähköenergian. Tämä tarkoitti tässä kohteessa 271 052 euron arvonlisäverotonta hyvitystä.

Koska kyseessä ei ole tavanomainen mittari- tai laskutusvirhe ja virheen taloudellinen merkitys on huomattava, kiinteistön omistaja vaati virheellisen laskutuksen oikaisemista koko virheen vaikutusajalta. Verkkoyhtiö ei tähän suostunut vaan se teki kiinteistön omistajalle esityksen, että se korvaisi verkkopalveluehtojen mukaisen korvauksen lisäksi vielä puolet ajalla 23.8.2004 - 31.10.2007 tapahtuneesta sähköön siirron ja myynnin liikalaskutuksesta. Tämän lisähyvityksen määrä oli arvonlisäverottomana 73 682 euroa. Arvonlisäverottomaksi kokonaishyvitykseksi tässä työssä havaitusta liikalaskutuksesta tuli yhteensä 344 734 euroa.

7. YHTEENVETO

Kun etsitään huomattavaa pitkäaikaista sähkösäästöä, on syytä tietää mitä kiinteistössä tapahtuu yöaikaan. Päiväajan säästöt ovat yleensä sähkölaitteiden käyttötapoihin liittyviä muutoksia. Monesti on niin, että kun päiväaikaista sähkösäästöä on saatu aikaan käyttötapojen muutoksilla, kulutus lähtee pikkuhiljaa kasvamaan. Pysyviä käyttötapatottumuksia on vaikeaa muuttaa ilman jatkuvaa kampanjointia ja tiedottamista. Yöaikaiseen kulutukseen vaikuttaminen puolestaan tuottaa yleensä pysyvää sähkösäästöä. Niinpä pienemmistäkin säästötoimista tulee merkittäviä vuosien kuluessa.

Työn tavoitteena oli toteuttaa kohteesta toiseen siirrettävä järjestelmä kiinteistön nousukeskuskohtaisen kulutusjakauman selvittämiseksi. Työn tavoitteet saavutettiin selkeästi eikä työn toteuttamisessa ollut suurempia ongelmia. Järjestelmä analysoi kulutusjakauman ja esittää sen havainnollisesti työlle aseteltujen tavoitteiden mukaisesti. Mittausjärjestelmä toimi hyvin koko pilotin ajan ja on kirjoitushetkelläkin käytössä. Seuraavaksi järjestelmä tullaan siirtämään uuteen kohteeseen. Opinnäytetyön tilaajalla on tarkoitus analysoida kehitetyn mittausjärjestelmän avulla kaikkien merkittävimpien kiinteistöjensä sähkönkäytön kulutusjakauma.

Työssä kehitetty mittausjärjestelmä ei anna absoluuttisen tarkkoja mittaustuloksia kulutuksesta. Tämä ei työssä ollut tavoitteenakaan. Epätarkkuus johtuu käytetystä mittaustavasta, jossa jännitettä ei mitata. Samoin mittausvirhettä aiheuttaa se, että käytettiin hetkellisiä kahden minuutin välein tapahtuvia mittauksia. Käytettävään mittaustapaan kuitenkin päädyttiin, koska riittävällä määrällä mittauksia saadaan kulutusjakauma selvitettyä riittävällä tarkkuudella.

Työssä kehitetty kulutusjakauman analysointilaitteisto on erittäin käyttökelpoinen ja tuo valmiin työkalun vaikkapa sähkösäästöön tähtääviin energiakatselmuksiin. Nykyisellään tällaisissa katselmuksissa kulutusjakauman arviointi perustuu arvioihin, mikä on valitettavaa. Sekä päivä- että yöaikainen kulutusjakauma selviää järjestelmällä helposti. Käyttämällä järjestelmää päästään katselmuksissa arviosta analyysiin. Toisin sanoen voidaan keskittyä mittaamalla havaittuihin merkittäviin kulutuskohteisiin ja etsiä

säästökohteita niistä. Työssä kehitetty järjestelmä on herättänyt kiinnostusta energiaselvityksiä tekevissä tahoissa.

Työ oli tilaajalle erittäin merkittävä myös taloudellisesti. Työssä havaittiin virhe sähkölaitoksen sähkömittauksessa. Tämä toi tilaajalle 344 734 euron arvonlisäverottoman hyvityksen väärin perustein tapahtuneesta sähkönsiirron ja energian laskutuksesta. Tämän takautuvan hyvityksen lisäksi kohteen sähkönkäytön aiheuttamat kustannukset ovat nykyisellä kulutus- ja hintatasolla jatkossa puolet pienemmät. Vuositasolla tämä tarkoittaa 60 – 70 000 euron arvonlisäverotonta sähkökustannusten pienenemistä.

8. LÄHDELUETTELO

- /1/ Energiakolmio, EnerControl-palvelu, [WWW-dokumentti],
[<http://www2.enerkey.com/fi/enercontrol-energiatehokkuus.html>], 9.5.2012.
- /2/ Energiakolmio, Energiaraportointi, [WWW-dokumentti],
[<http://www2.enerkey.com/fi/energiaraportointi.html>], 15.5.2012.
- /3/ Energiakolmio, Hälytyspalvelu, [WWW-dokumentti],
[<http://www2.enerkey.com/fi/halytyspalvelu.html>], 15.5.2012.
- /4/ Energiakolmio, Raportointipalvelut, [WWW-dokumentti],
[<http://www2.enerkey.com/fi/raportointipalvelut.html>], 9.5.2012.
- /5/ Fluke, 1735_User Manual_FI.pdf
- /6/ Kurittu, Jorma, sähköposti, Landis+Gyr Oy, 31.5.2012
- /7/ Mitox, Melt-palvelut, [WWW-dokumentti],
[<http://www.mitox.fi/melt.html>], 23.5.2012.
- /8/ Mitox, MeMe-palvelukonsepti, [WWW-dokumentti],
[<http://www.mitox.fi/meme.html>], 23.5.2012.
- /9/ Motiva, Toimiston sähkökäyttö, [WWW-dokumentti],
[http://motiva.fi/files/1776/Toimistonsahkonkayttokalvot_final.pdf], 7.5.2012.
- /10/ Sähkömarkkinalaki 386/1995
- /11/ Tilastokeskus, Energian hankinta ja kulutus, [WWW-dokumentti],
[http://www.stat.fi/til/ehk/2011/04/ehk_2011_04_2012-03-22_kuv_022_fi.html],
7.5.2012.

/12/ Valtioneuvoston asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittaamisesta 66/2009

/13/ Wirepas Oy:n sisäiseen käyttöön tarkoitettu materiaali